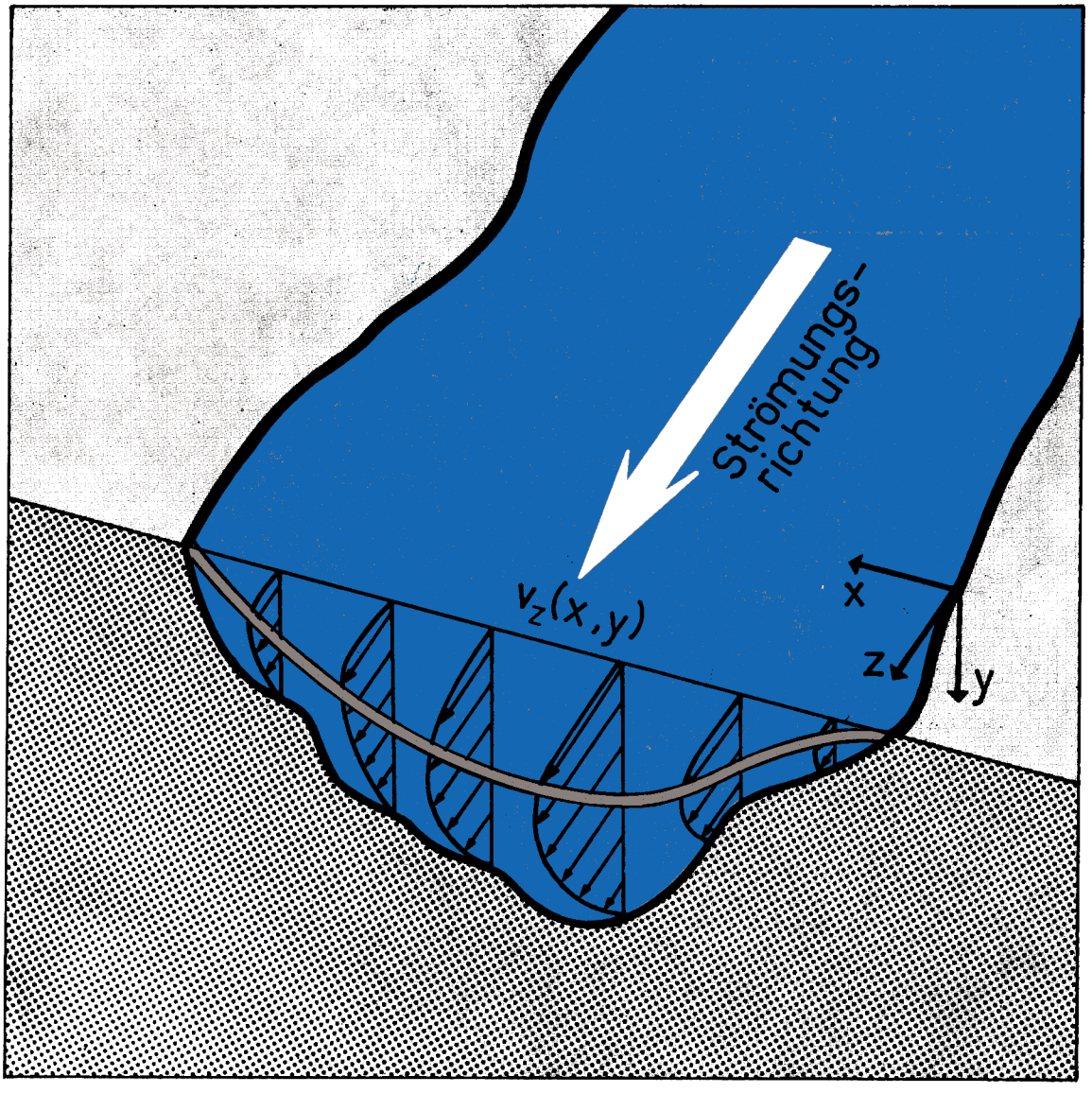
JJE

mst

12
1988

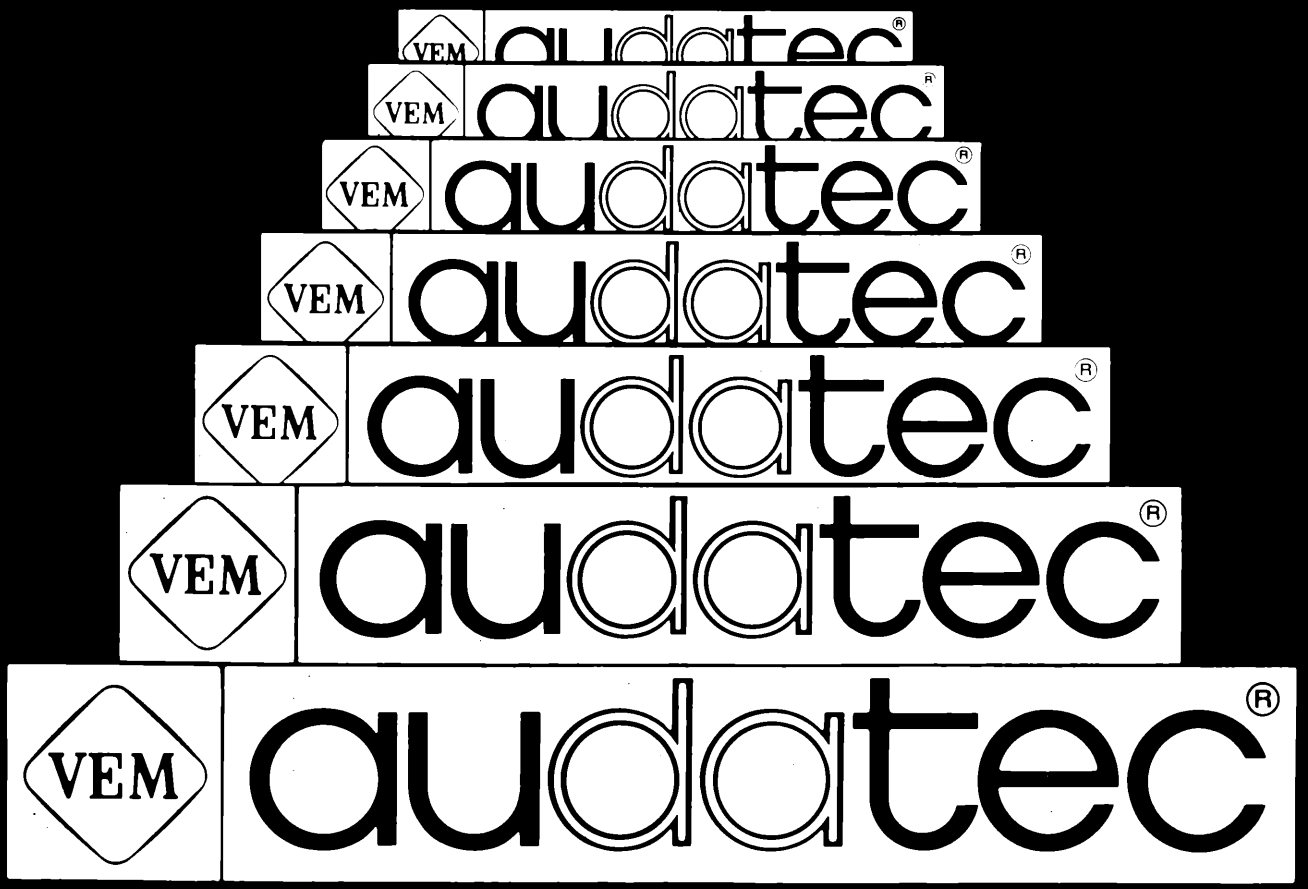
messen·steuern·regeln



VT
VEB
Verlag Technik
Berlin
EVP: 4,- M

40 JAHRE

VEB GRW TELTOW



VEB Geräte- und Regler-Werke „Wilhelm Pieck“ Teltow

Betrieb des VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau

DDR · 1530 Teltow, Oderstraße 74-76 · Telefon 440 · Telex 015441

Elektrotechnik

EXPORT-IMPORT

VOLKSEIGENER AUSSENHANDELSBETRIEB
DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN REPUBLIK
HAUS DER ELEKTROINDUSTRIE
ALEXANDERPLATZ 6, BERLIN, DDR - 1026
TELEFON 21 80 · TELEX 115061

msr

messen·steuern·regeln

Wissenschaftlich-technische Zeitschrift für die Automatisierungstechnik

Herausgeber:
Wissenschaftlich-Technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik (WGMA) in der KDT

Redaktionsbeirat:
Dr. rer. nat. A. BORGWARDT, Prof. Dr sc. techn. G. BRACK, Dipl.-Ing. H.-H. EHLERT, Prof. Dr sc. techn. W FRITZSCH, Prof. Dr sc. techn. H FUCHS, Dr rer nat. H. GENA, Dipl.-Ing. H GOTTSCHALK, Dr.-Ing. K. HILSCHER, Prof. Dr.-Ing. habil. D. HOFMANN, Dr.-Ing. G. MEISTER, Dr.-Ing. J. MÜLLER, Prof. Dr. sc. techn. R. MÜLLER, Prof. Dr. sc. techn. P NEUMANN, Prof Dr.-Ing. S. PILZ, Prof. em. Dr. sc. techn. Dr.-Ing. E. h. K. REINISCH, Prof. Dr. sc. techn. W. RICHTER, Dr -Ing. H. SCHULZE, Prof. Dr sc. techn. H. TÖPFER, Prof. Dr sc. oec. G. VIEHWEGER, Prof. Dr. sc. techn. W. WELLER, Prof. Dr sc. techn. J. WERNSTEDT

Zum Titelbild:

Die punktförmige Messung der Durchflußmenge je Zeiteinheit an einem natürlichen Fließgewässer, dessen stilisierten Fließquerschnitt unser Titelbild zeigt, erfordert in der herkömmlichen Praxis einen erheblichen Aufwand.
Unser Beitrag auf S. 533 veranschaulicht eine Meßmethodik, mit der dieser Aufwand wesentlich reduziert werden kann.

Titelgrafik: G. SCHWESINGER

12
1988

31 Jahrgang
Dezember 1988

ISSN 0026-0347

VEB
VERLAG TECHNIK
BERLIN

Aufsätze

H.-G. Lauenroth
Orgware für die computerintegrierte Fertigung 530

J. Gätke
Aufwandsreduzierte Methode zur Durchflußmengenmessung an natürlichen Fließgewässern 533

D. Herrmann
Berührungsloser Wellenschwingungsaufnehmer mit geringer Abhängigkeit von der Stahlzusammensetzung 538

M. K. Cevik und *D. Naunin*
Vollständig digitale Regelung von Servoantrieben 540

A. Brykalski und *J. Sell*
Zur Meßautomatisierung in Fernheizungsobjekten 545

H. Zietz
Verallgemeinerte Diagonaldominanz — Grundlagen und Anwendung 548

J. Nikolaizik
Spezielle Computerkonfigurationen zur Tolerierung von Zweifachfehlern in komplexen fehlertoleranten Automatisierungssystemen 552

Kurzbeiträge 558

Tagungen und Kolloquien 560

msr stellt vor 562

Tagungskalender 569

Buchbesprechungen 572

Neue Bücher aus der UdSSR 576

Vorschau und Kurzinformationen 3. US.

H.-G. Lauenroth

Orgware für die computerintegrierte Fertigung

0. Einleitung und Aufgabenstellung

Die strategische Vorbereitung, Projektierung und schrittweise Einführung der computerintegrierten Fertigung (CIM) erfolgt auf den 3 Gebieten

- Organisatorische Gestaltung des Gesamtsystems als Mensch-Maschine-System zur Realisierung der technisch-technologischen und sozialökonomischen Zielstellungen: Orgware
- Programmseitige Gestaltung der automatisierten Prozeßabläufe im Basisprozeß und im hierarchischen Steuerprozeß: Software
- Anlagen- und gerätetechnische Gestaltung der automatisierten Technologie und ihrer Steuerung: Hardware.

Komplexe CIM-Lösungen bedingen künftig eine derart umfassende Herangehensweise, die bisher bei Einzellösungen entweder wenig oder teilweise in umgekehrter Reihenfolge praktiziert wurde. Es ist jedoch offensichtlich, daß die ausgeprägten Formen der Integration als wesentliches Merkmal der computerintegrierten Fertigung nur durch entsprechende innovative Organisationslösungen realisiert werden können. Damit wird die CIM-Organisationsprojektierung mit dem Ziel der Bereitstellung einer leistungsfähigen Orgware zu einer immer aktuelleren Aufgabe.

1. Anforderungen an CIM-Organisationsprojekte

Nach Beziehung (1) besteht das System der computerintegrierten Fertigung

$$\text{CIM} = [\{\text{CAP, CAD, CAM}\}, \{R_C\}] \quad (1)$$

aus den Elementen CAP (Computergestützte Planung technischer, technologischer, ökonomischer und sozialer Prozesse), CAD (Computergestützte Forschung, Entwicklung und Konstruktion von neuen Erzeugnissen und neuen Technologien) und CAM (Computergestützte Steuerung der automatisierten Produktions- und Absatzprozesse einschließlich der automatisierten Transport- und Lagerprozesse). Diese Elemente sind durch Relationen R_C miteinander in Wechselwirkungen verbunden. Weitere CA-Komponenten sind in den 3 genannten enthalten:

- computergestützte Planung und Produktionsvorbereitung (PPS/CAPP) in CAP und CAM
- computergestützte Qualitätssicherung (CAQ) schwerpunktmäßig in CAM, im Sinne einer durchgängigen Qualitätssicherung auch in CAP und CAD
- computergestützte Abrechnung und Analyse der Ergebnisse der betrieblichen Arbeit einschließlich der automatisierten Verwaltungsarbeit (CAO: Computer Aided Office).

Die Relationen R_C umfassen 3 Hauptformen der CIM-Integration [1]:

- Integration von automatisierten Produktions- und automatisierten Informationsprozessen
- Integration der Teilprozesse innerhalb (diskreter) automatisierter Produktionsprozesse:
  - Integration von Fertigungsprozessen (Mechanische Vorfertigung, Oberflächenbehandlung, Vor- und Endmontage)
  - Integration von Haupt- und Hilfsprozessen (Fertigung, Transport, Lagerhaltung, Instandhaltung)
  - Integration von Werkstück-, Werkzeug- und Späneflüssen
  - Räumliche Integration optimaler Strukturen
- Integration der Teilprozesse innerhalb automatisierter Informationsprozesse:
  - Zeitlich und inhaltlich integrierte CAP-Systeme
  - Integrierte CAP/CAD/CAM-Systeme
  - Hierarchisch integrierte modulare Software
  - Integrierte Computer- und Kommunikationsnetze.

Die praktische Umsetzung dieser Integrationsformen stellt neue Anforderungen an die organisatorische Mensch-Maschine-Systemgestaltung. Dabei sind nicht allein die technisch-technologischen Aufgaben einer rationellen und zuverlässigen automatisierten Prozeßgestaltung zu lösen, sondern gleichermaßen die Erfüllung der ökonomischen Ziele hinsichtlich der Steigerung von Produktivität, Produktion, Qualität und Gewinn, der Senkung des Aufwandes an Arbeitszeit, Kosten, Material, Energie sowie die Verbesserung sozialer Bedingungen in bezug auf anspruchsvolle Arbeitsinhalte, leistungsfördernde Arbeitsbedingungen, stimulierende Qualifikationsnutzung und kreative Leistungsbereitschaft der in CIM-Systemen Tätigen [2].
Darüber hinaus erfordern derart komplexe Automatisierungslösungen, die den gesamten Reproduktionsprozeß eines Kombinates und eines Betriebes von Auftragseingang über Planung, Forschung, Entwicklung, Technologie, Produktionsvorbereitung bis zur Durchführung der Produktion und den Absatz der Erzeugnisse umfassen, neuartige Formen der Informationsverarbeitung unter Nutzung von Erfahrungen und Kenntnissen des schöpferisch tätigen Menschen, die als mehr oder weniger vollständiges, strukturiertes und zuverlässiges Wissen vorliegen. Zu diesen neuen Anforderungen zählen

- Computergestützte Verarbeitung qualitativer Informationen als Erfahrungen und Einschätzungen von Experten
- Sammlung, Aufbereitung und Ordnung von Wissen durch Computer in Wissensbasen
- Problemlösung nach heuristischen Algorithmen durch expertensystemgestützte Modelle
- Aufbereitung und Erläuterung von Resultaten und Lösungswegen durch den Computer.

Die Realisierung dieser Anforderungen erfolgt über Methoden und Verfahren der künstlichen Intelligenz, insbesondere von Expertensystemen [3]. Damit vollzieht sich künftig der Übergang von der computerintegrierten Fertigung (CIM) zur expertensystemintegrierten Fertigung (ESIM [4]), die nach (2)

$$\text{ESIM} = [\{\text{ESAP, ESAD, ESAM}\}, \{R_{ES}\}] \quad (2)$$

aus den unter (1) erläuterten Elementen besteht, die zwar inhaltlich analog zu betrachten sind, jedoch inhaltlich und organisatorisch

---

Prof. Dr. rer. oec. habil. Hans-Georg Lauenroth (56) studierte in Berlin Industrie- und Betriebsökonomie. Ab 1956 Direktionsassistent im VEB Automobilwerk Eisenach. Ab 1960 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der AdW-Forschungsstelle für Meßtechnik und Automatisierung Jena. 1965 Promotion und 1969 Habilitation auf dem Gebiet der ökonomischen Kybernetik. Ab 1966 Leiter des Organisations- und Rechenzentrums im VEB Automobilwerk Eisenach. 1969 Berufung zum o. Professor für Ökonomische Kybernetik an die Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Dort ab 1976 Direktor für Ausbildung der Sektion Wirtschaftswissenschaften. Seit 1982 Leiter der Forschungsgruppe Flexible Automatisierung im Institut für Theorie, Geschichte und Organisation der Wissenschaft, Berlin, an der AdW der DDR.

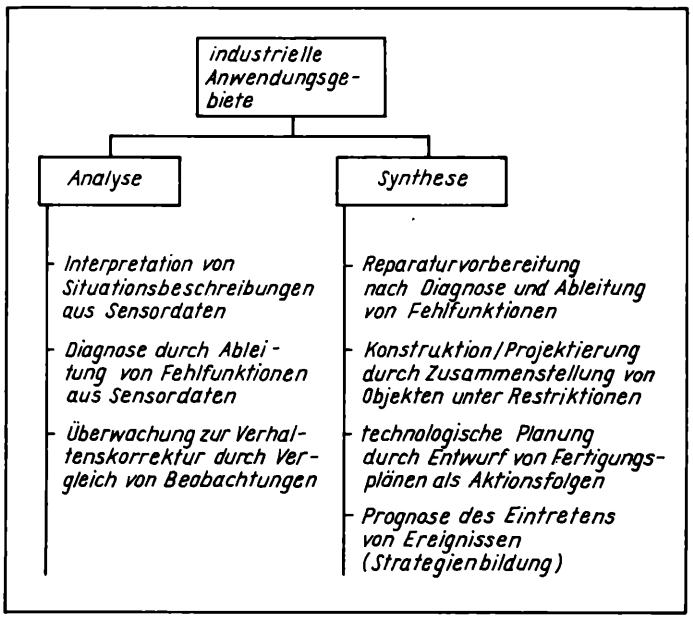


Bild 1. Gegenwärtig bekannte industrielle CIM-Anwendungsgebiete von Expertensystemen (Auswahl)

eine neue Qualität darstellen. Gegenwärtig ist nach Bild 1 bereits eine Reihe von Anwendungsfällen von Expertensystemen für CIM-Lösungen bekannt, die wiederum eine adäquate organisatorische Systemgestaltung in Form von Orgware bedingen.

2. Inhalt und Formen von CIM-Orgware

Unter CIM-Orgware werden integrierte Ablauf-, Aufbau- und Informations-Organisationslösungen zur manuellen, mechanisierten und automatisierten Prozeßdurchführung mit dem Ziel einer optimalen, partizipativen Systemgestaltung verstanden. Sie ist auf eine rationelle Organisation von Verhalten, Funktion und Struktur komplexer Mensch-Maschine-Systeme sowie auf effektive organisatorische Lösungen zur Erfassung, Verarbeitung, Speicherung und Weiterleitung der zur Steuerung erforderlichen Daten- und Wissensmengen unter Berücksichtigung technischer, ökonomischer, sozialer und arbeitspsychologischer Kriterien gerichtet [5].
CIM-Orgware umfaßt im engeren Sinne die systemadäquaten organisatorischen Festlegungen zur Sicherstellung der Arbeitsfähigkeit, Bedienung und Nutzung automatisierter Systeme („interne" Orgware); im weiteren Sinne gehört dazu das gesamte organisatorische Umfeld („externe" Orgware), dessen Gestaltung maßgeblich den Grad der Integration und damit der Wirksamkeit automatisierter Systemlösungen in einem bestimmten Anwendungsbereich bestimmt [6].
Das organisatorische Umfeld von CIM-Lösungen beinhaltet 3 Ebenen mit folgenden Charakteristika:

- Individium:
  Mensch-Maschine-Schnittstelle, Funktionsteilung, Entwicklungsfreiheit, Nutzertätigkeit, Nutzerstellung, Partizipation, Arbeitsinhalte, Arbeitsbedingungen, Qualifikationsnutzung, Leistungsbereitschaft, Kommunikationsgewinn
- Gruppe:
  Arbeitsplatzbezogenes System, lokales Netz, Zusammenwirken automatisierter/nichtautomatisierter Teilprozesse, Kollektiv-Umbildung/Neubildung
- soziale Organisation:
  sozialökonomische und wissenschaftlich-technische Innovationsstrategien der Systemgestaltung, Kommunikationsstruktur, Zusammenwirken der CIM-Elemente, Integration in nationale und internationale Netze [6] und [7].

Hiermit wird deutlich, daß sich die Orgware-Entwicklung im interdisziplinären Kontext von Technik, Technologie, Ökonomie, Soziologie und Psychologie unter verstärkter Nutzung von Erkenntnissen, Methoden und Verfahren solch neuer Disziplinen wie Organisationssoziologie und Organisationspsychologie vollziehen muß. Dabei ist die aktive Mitwirkung der Nutzer (Partizipation) bei der CIM-Systementwicklung mit der Zielstellung der Schaffung von Lösungen

— für den Nutzer
— mit dem Nutzer
— durch den Nutzer

von wachsendem Stellenwert [8] und [9], wobei der Mensch als Gestalter des zu automatisierenden Prozesses und der Automatisierungsmittel (CIM-Orgware, -Software, -Hardware) sowie als Operateur des CIM-Gesamtsystems — jeweils unter Nutzung von Automatisierungstechnik — fungiert (Bild 2 nach [10]).
Seine Charakteristik als vernunftbegabtes Wesen (homo sapiens) kann dabei im produktiven Sinne durch die Experimentierfreude des spielerisch veranlagten Menschen (homo ludens) zur Variantenermittlung am Computer aufgrund eigener Empirie und Intuition wirkungsvoll ergänzt werden.
Als Elemente der Orgware sind gegenwärtig 3 wesentliche Kategorien identifizierbar:

- Prozeßorgware für CAP-, CAD- und CAM-Lösungen
- Integrationsorgware in inhaltlicher und zeitlicher Hinsicht
- Querschnittsorgware hinsichtlich Partizipation und künstlicher Intelligenz (Bild 3).

Wesentlich für die Orgwaregestaltung ist die Beziehung und Wechselwirkung von Orgware und Software. Nach Bild 3 bildet die Orgware entsprechend der oben genannten Inhaltsbestimmung den Gesamtrahmen der integrierten Ablauf-, Aufbau- und Informations-Organisationslösungen für die Prozeßdurchführung. Unter der Bedingung, daß für den zeit- und erzeugnisbezogenen Automatisierungsgrad A^0

$$A^0 = \frac{t_{AUT}}{\Sigma t} \tag{3}$$

t_{AUT} anteiliger Fertigungszeitaufwand automatisierter Prozesse/Erzeugnis; Σt Gesamt-Fertigungsaufwand/Erzeugnis

der Wert

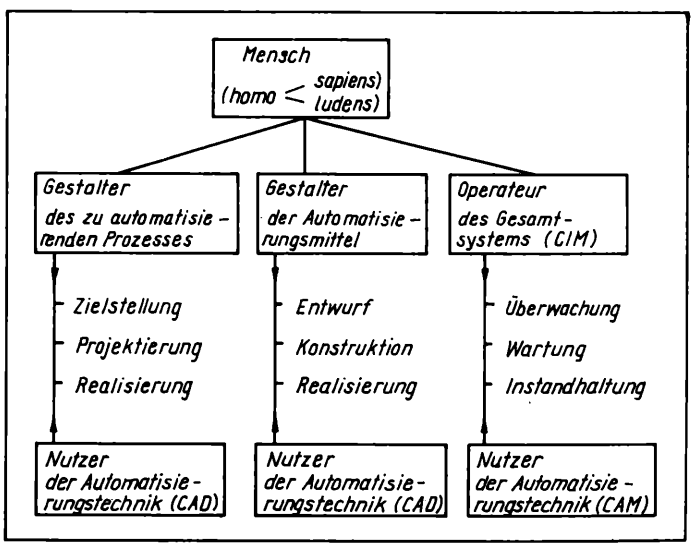
$$A^0 = 0{,}0 \tag{4}$$

gilt, wird in einer solchen Organisationslösung keine Software verwendet. Der Softwareanteil steigt mit wachsendem Automatisierungsgrad; unter den Bedingungen der Vollautomatisierung mit

$$A^0 = 1{,}0 \tag{5}$$

werden Orgware im engeren Sinne und Software im Grundsatz deckungsgleich, so daß die (Anwender-)Software in diesem Sinne als automatisierte Orgware identifiziert werden kann. Die genauen

Bild 2. Mensch als Gestalter, Operateur und Nutzer von CIM-Systemen



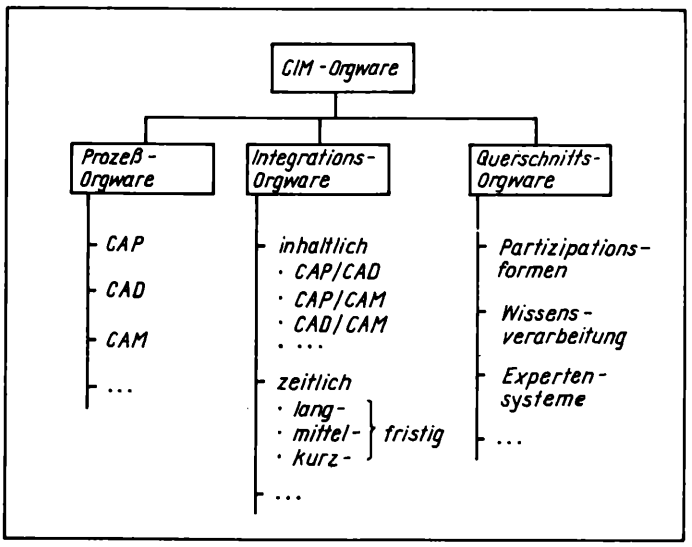


Bild 3. CIM-Orgware-Elemente

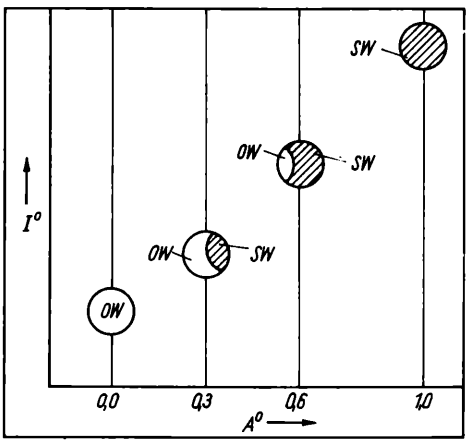


Bild 4. Änderung des CIM-Software-Anteils (SW) an der Orgware (OW) mit wachsendem Automatisierungsgrad A^0 und Integrationsgrad I^0

quantitativen und qualitativen Proportionen sind naturgemäß noch nicht bekannt; sie werden zudem von dem Verhältnis interner zu externer Orgware bestimmt. Das Gleiche gilt für numerische Werte des Grades der Integration im Bild 4.
Als Formen von CIM-Orgware zeichnen sich 2 wesentliche Klassen ab:

— Standardorgware, die universell und ohne Änderungen einsetzbar ist und daher im wesentlichen auf vergleichbare, einfache Prozesse beschränkt bleiben wird
— Prinziporgware, die aufgaben- und problemorientiert für die Modellierung und Projektierung unterschiedlicher und komplexer Prozesse verwendet und vom Nutzer selbständig modifiziert werden kann.

3. Ausblick

Die Einbeziehung nutzbarer Methoden und Technologien der künstlichen Intelligenz führt zu neuen, bisher nur in Umrissen erkennbaren Forderungen und Aufgaben an die Orgware. Sie bedingen die Lösung solcher Probleme wie

- Einschätzung künftiger Proportionen von Daten- und Wissensverarbeitung in CIM-Lösungen
- Bestimmung effektiver Formen der Nutzung von Expertensystemen für die Elemente von CIM-Systemen
- Organisation der Funktionsteilung von Mensch und Computer unter den Bedingungen der Wissensverarbeitung.

Da sich Theorie, Methodologie und Methoden der Orgwareprojektierung [11] erst gegenwärtig herausbilden, gibt es eine Reihe grundsätzlicher und spezieller weiterer Aufgaben. Dazu zählen:

— Entwicklung von CIM-Orgware-Strategien zur Modellierung und Simulation von Varianten künftiger Organisationslösungen, wobei Forschungs-, Produktions- und Einsatzstrategien für CIM-Lösungen [12] zweckmäßigerweise in Wechselwirkungen von „Zielstellung — Orgware — Software — Hardware" zu erarbeiten sind [9]
— Schaffung von Grundlagen für die Gestaltung von Orgware-Architekturen für die 3 Ebenen Individium — Gruppe — soziale Organisation [6]
— Entwicklung einer Orgware-Technologie als Teilgebiet der Informatik zur systematischen Gestaltung einer rationellen Organisation automatisierter Systeme [6] unter Nutzung systemanalytischer Denkweisen und Methoden [2]
— Erarbeitung von Orgware-Tools als Instrumente zur computergestützten Entwicklung von Varianten effektiver Orgwarelösungen
— Ausarbeitung eines komplexen Bewertungssystems für Orgwarelösungen [13] nach technischen, ökonomischen, soziologischen und psychologischen Kriterien unter Nutzung semiotischer Methoden, insbesondere der Messung von Sigmatik, Semantik und Pragmatik der Information.

Auf diese Weise kann ein wesentlicher Schritt auf dem Wege zum nutzerbezogenen Denken und zu nutzerorientierten Lösungen computergestützter Systeme gegangen werden [14] und [15]. Dies ist deshalb von fundamentalem Interesse, weil damit nicht allein das Problem einer rationellen automatisierten Informationsverarbeitung „an sich", sondern eines wachsenden Nutzens der automatisiert produzierten Information zur effektiven Steuerung komplexer Prozesse im Sinne einer Antwort auf die Frage „Information — Cui bono" gelöst werden kann — und dies ist im wesentlichen eine Aufgabe der Ablauf-, Aufbau- und Informationsorganisation, die offensichtlich nur durch die Entwicklung einer flexiblen, integrativen Orgware in organischer Verbindung mit leistungsfähiger Soft- und Hardware zu realisieren ist. Sie läßt gleichzeitig deutlich werden, wieviel Prophetie in dem 1913 von W. Ostwald [16] geprägten Satz steckt:
„Wenn man im Jahre 2000 nach den wesentlichsten Kennzeichen des vergangenen Jahrhunderts fragen wird, so wird die Antwort lauten: Es war das Jahrhundert der Organisation".

Zusammenfassung

Die Vorbereitung und Einführung komplexer CIM-Lösungen bedingen die Entwicklung leistungsfähiger Org-, Soft- und Hardware. Unter CIM-Orgware wird die integrierte Ablauf-, Aufbau- und Informationsorganisation zur manuellen, mechanisierten und automatisierten Prozeßdurchführung mit dem Ziel einer optimalen, partizipativen Systemgestaltung verstanden. Anforderungen, Inhalt und Formen von CIM-Orgware unter besonderer Berücksichtigung der schöpferischen Tätigkeit der Menschen und der zunehmenden Wissenverarbeitung werden entwickelt und Schwerpunkte weiterführender Arbeiten formuliert.

Literatur

[1] Wirth, S.: Schritte auf dem Wege zum rechnergestützten automatisierten Betrieb der neunziger Jahre. Fertigungstechnik und Betrieb, Berlin 36 (1986) 11, S. 647—651.
[2] Fuchs, H.; Lauenroth, H.-G.: Bemerkungen zu einigen Kategorien der flexiblen Automatisierung. msr, Berlin 29 (1986) 1, S. 2—6.
[3] Fuchs, H.: Zum Verhältnis von künstlicher Intelligenz und Automatisierung. msr, Berlin 30 (1987) 10, S. 434—437.
[4] Jentsch, W.; Kaden, F.; Müller, R.; Selbis, J.: ESKIS — Ein Werkzeug zur Entwicklung von Expertensystemen für Engineeringprozesse (Vortrag). Internationaler Informatik-Kongreß, Dresden 1988.
[5] Lauenroth, H.-G.: Orgware. In: Lexikon Kybernetik (Ergänzungsband). Hrsg.: G. Laux. Berlin: Akademie-Verlag 1985, S. 211—212.

[6] Fuchs-Kittowski, K.: Zum Gegenstand der Informatik und zur Begründung einer Orgware-Architektur und Informationssystemforschung sowie Methodik der Analyse und Gestaltung von automatenunterstützten Informationssystemen als eigenständige Teildisziplin der Informatik (Manuskript). Humboldt-Universität zu Berlin, Sektion Wissenschaftstheorie/Wissenschaftsorganisation. Berlin 1988.
[7] Tiemer, G.: Sozialpsychologische Analyse des Industrieroboterein-satzes (Teilstudie). AdW der DDR, Institut für Theorie, Geschichte und Organisation der Wissenschaft (in Kooperation mit FSU Jena, Sektion Psychologie), Berlin 1988.
[8] Docherty, P.; u. a.: System Design for Human Development and Productivity: Participation and beyond. Amsterdam/New York/Oxford/Tokyo: North Holland Ed. 1987.
[9] Falck, M.; Fuchs-Kittowski, K.; Klatt, G.: Komplexe evolutionäre und nutzerbezogene Gestaltung von Informationssystemen sozialer Organisation (Vortrag). INFO, Dresden 1988.
[10] Töpfer, H.: Einfluß des Wandlungsprozesses in der Automatisierungstechnik auf die Arbeitstätigkeit. Sozialistische Arbeitswissenschaft 28 (1984) 2, S. 91—97.
[11] Anspach, Ch.; u. a.: Leitfaden zur Organisationsprojektierung. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1981.
[12] Lauenroth, H.-G.: Szenarien für Personalcomputer zur Variation und Bewertung von Automatisierungsstrategien. msr, Berlin 30 (1987) 3, S. 113—116.
[13] Zabel, U.: Computergestützte prozeßbegleitende Bewertung von betriebsorganisatorischen Lösungen. Dissertation B, TU „Otto von Guericke" Magdeburg 1987.
[14] Henze, A.: Schlüsseltechnologie flexible Automatisierung und moderne Informationsverarbeitungstechnik bedingen integrierte Organisationslösungen in Betrieben und Kombinaten. Wissenschaftliche Zeitschrift der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg 36 (1987) 1, S. 34—42.
[15] Lassmann, W.; Eberle, W.: Konzept zur automatisierten Wissensverarbeitung in einem Expertensystem zur Komplexmethode der Produktionsplanoptimierung. Wissenschaftliche Zeitschrift der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg 36 (1987) 1, S. 26—29.
[16] Ostwald, W.: Organisation als Kunst und Wissen. München 1913 (zitiert in [13]).

msr 8958

J. Gätke

Aufwandsreduzierte Methode zur Durchflußmengenmessung an natürlichen Fließgewässern

0. Einleitung

Es wird eine Vorgehensweise bei der praktischen Durchflußmengenmessung an natürlichen Fließgewässern beschrieben, die gegenüber der herkömmlichen Praxis [1] [3] und [4] eine erhebliche Reduzierung des Aufwandes beim Messen und beim Auswerten bedeutet. Das wird durch Ergebnisse aus vorliegenden Messungen belegt. Die theoretischen Grundlagen liefert [2].
Es wird angenommen, daß

- die Fließgewässer — zumal im norddeutschen Tiefland — eine laminare Strömung führen
- aufgrund des fließenden Kontinuums, in dem sich gesetzmäßig ein mathematisch beschreibbares Strömungsprofil ausbildet, von jedem örtlich definiert gemessenen Strömungswert auf den Wert an jedem beliebigen anderen Ort eindeutig geschlossen werden kann
- die Fließgewässer in ganz grober Näherung (im Querschnitt) als nichtgefüllte, kreisrunde Rohre mit ganz geringem Füllstand, nämlich $H/R \leqq 0{,}1$, betrachtet werden können (Bild 1)
- das vorliegende natürliche Fließquerschnittsprofil sich auf einen bzw. mehrere parallel liegende äquivalente Kreisabschnitte umrechnen läßt.

1. Bestimmung der Durchflußmenge Q

Da jeder Strömungswert in einer festen Beziehung zu jedem anderen und auch zur gesamten Strömung steht, besteht die Absicht darin, aus nur einem Strömungsmeßwert und den zwei meßtechnisch zugänglichen geometrischen Abmessungen, Fließspiegelbreite B und Füllstandshöhe H, auf die Durchflußmenge (als Näherungswert) zu schließen.
Abhängig vom Füllstand H/R ist die Durchflußmenge

$$Q(H/R) = [\bar{v}_A \cdot A]_{H/R} . \tag{1}$$

$\bar{v}_A$ über den Fließquerschnitt A gemittelter Strömungswert

Für Füllstände $H/R < 1$ ist es sinnvoll, sich auf den jeweils maximalen Strömungswert $v(H)$ als Meßwert zu stützen, der bei idealen Verhältnissen in der Mitte des Oberflächenbereiches auftritt. Zwischen diesem und $\bar{v}_A$ besteht nach [2] folgender Zusammenhang

$$\frac{\bar{v}_A}{v(H)} = \frac{1}{1-(1-H/R)^2}\left\{1 - \frac{1}{2(A/R^2)}\left[\frac{\pi}{2} - \arctan\frac{D}{C} - \frac{1}{3}DC(1+2D^2)\right]\right\}$$

$$= \frac{1}{C^2}\left\{1 - \frac{1}{2(A/R^2)}\left[\frac{\pi}{2} - \arctan\frac{D}{C} - \frac{1}{3}DC(1+2D^2)\right]\right\} \tag{2}$$

mit

$$A/R^2 = (\arccos D) - DC , \tag{3}$$

$$D = 1 - H/R , \tag{4}$$

$$C = \sqrt{2H/R - (H/R)^2} = \sqrt{1-D^2} .$$

Ebenso läßt sich der Fließquerschnitt A, abhängig vom Füllstand, auf die Kreisfläche πR^2 bzw. auf R^2 beziehen.
Wenn man (1) in der Form

$$Q(H/R) = \frac{\bar{v}_A}{v(H)} \cdot \frac{A}{R^2} \cdot R^2 \cdot v(H) \tag{5}$$

darstellt, so hat das den Vorteil, daß die Terme $\bar{v}_A/v(H)$ und A/R^2 bzw.

$$W(H/R) = \frac{\bar{v}_A}{v(H)} \cdot \frac{A}{R^2} = f(C, D) \tag{6}$$

Doz. Dr. sc. techn. Johann Gätke (53) studierte von 1954 bis 1960 Physik an der Universität Rostock. Ab 1961 dort Assistent im Institut für Theoretische und Experimentelle Elektrotechnik. 1969 Promotion A (Elektrische Eigenschaften von Plastwerkstoffen). Ab 1970 wissenschaftlicher Oberassistent im WB Allgemeine Elektrotechnik der Sektion Technische Elektronik der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock. 1972 Facultas docendi für das Lehrgebiet „Theoretische Elektrotechnik". 1982 Promotion B (Ein Beitrag zur hydroakustischen Meßstrecke), 1984 auch im Bereich der Wasserwirtschaftsdirektion Küste, WRZ Warnemünde, beschäftigt. 1986 Berufung zum Dozenten an o. g. Sektion.

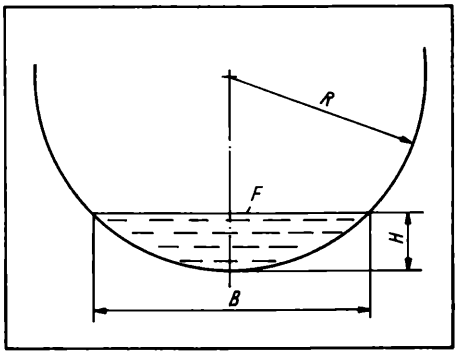


Bild 1. Fließquerschnitt eines (idealen) Fließgewässers
B Breite des Flüssigkeitsspiegels, $B = 2\sqrt{2HR - H^2}$;
H Füllstandshöhe;
F Flüssigkeitsspiegel;
R Radius des kreisförmigen Querschnittes

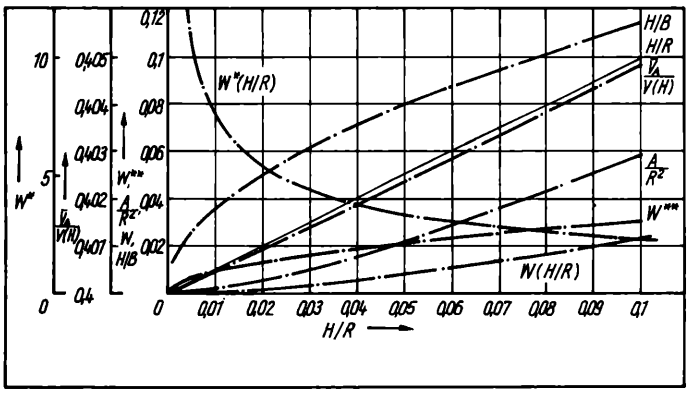


Bild 2. Diagramm zur Auswertung praktischer Messungen bei laminarer Strömung entsprechend (8a) und (8b)

in Abhängigkeit von H/R tabelliert bzw. grafisch dargestellt werden können (Bild 2).
Nebenbei sei angemerkt, daß (2) im unteren Bereich $0 \leqq H/R \leqq 0{,}1$ mit vertretbarem Fehler durch die Gerade

$$\frac{\bar{v}_A}{v(H)} \approx 0{,}4 + 0{,}048\,H/R \tag{7}$$

angenähert werden kann.
Mit dem Strömungsmeßwert $v(H)$ und den geometrischen Meßwerten H und R ist in Verbindung mit dem Diagramm (Bild 2) (oder einer Tabelle) nach (5) prinzipiell eine schnelle Auswertung möglich.
Da aber der Radius R bei einem Fließgewässer einer Messung direkt nicht zugänglich ist, löst man die Schwierigkeit, indem man (5) entweder in die Form

$$\begin{aligned} Q(H/R) &= W(H/R)\,\frac{1}{(H/R)^2}\,H^2\,v(H) = \\ &= W(H/R)\,\frac{1}{(1-D)^2}\,H^2\,v(H) = \\ &= W^*(H/R)\,H^2\,v(H) \end{aligned} \tag{8a}$$

oder

$$Q(H/R) = W(H/R)\,\frac{1}{(B/R)^2}\,B^2\,v(H)$$

bringt, die mit Hilfe von

$$\frac{B}{R} = f(H/R) = 2\sqrt{H/R(2 - H/R)} = 2C \tag{9}$$

in

$$\begin{aligned} Q(H/R) &= W(H/R)\,\frac{1}{4C^2}\,B^2\,v(H) = \\ &= W^{**}(H/R)\,B^2\,v(H) \end{aligned} \tag{8b}$$

überführt werden können (Bild 2).

Im Bereich $0{,}05 \leqq H/R \leqq 0{,}1$ läßt sich W^{**} mit vertretbarem Fehler durch

$$W^{**}(H/R) = 0{,}19334\,H/R + 0{,}01211 \tag{8c}$$

annähern. Statt auf die Größe R orientiert man auf B (Fließspiegelbreite) als Meßwert, wobei zwischen H/B und H/R nach [2] folgender funktionaler Zusammenhang besteht:

$$\frac{H}{B} = f(H/R) = \frac{H/R}{2\sqrt{H/R(2 - H/R)}} = \frac{1 - D}{2C}\,. \tag{10}$$

Die Auswertung ist folgendermaßen vorzunehmen:
- Ausgehend von den Meßwerten H und B kann man über das Diagramm im Bild 2 dem Quotienten H/B den Wert H/R zuordnen und diesem die Größe W^* bzw. W^{**}.
- Die Multiplikation von W^* mit den Meßwerten H und $v(H)$ entsprechend (8a) bzw. von W^{**} mit B und $v(H)$ entsprechend (8b) liefert die absolute Durchflußmenge Q.

Um auch die Grafik gänzlich von R zu befreien, lassen sich (8a) und (8b) nach [2] mit Hilfe von

$$\frac{H}{R} = f(H/B) = \frac{2(2H/B)^2}{1 + (2H/B)^2} \tag{11}$$

in Verbindung mit C und D entsprechend (4) in

$$Q(H/B) = W^*(H/B)\,H^2\,v(H) \tag{12a}$$

bzw.

$$Q(H/B) = W^{**}(H/B)\,B^2\,v(H) \tag{12b}$$

überführen.
Die Auswertung geschieht dann anhand von Bild 3 (oder einer entsprechenden Tabelle), indem man dem Quotienten aus den Meßwerten H und B den Funktionswert W^* bzw. W^{**} zuordnet und nach (12a) oder (12b) die absolute Durchflußmenge je Zeiteinheit Q bestimmt.
Die Funktion $W^{**}(H/B)$ ist im Bereich $0 \leqq H/B \leqq 0{,}15$ recht gut durch die Gerade

$$\tilde{W}^{**} = 0{,}27\,H/B \tag{13}$$

anzunähern und damit in Verbindung mit (12b) auch

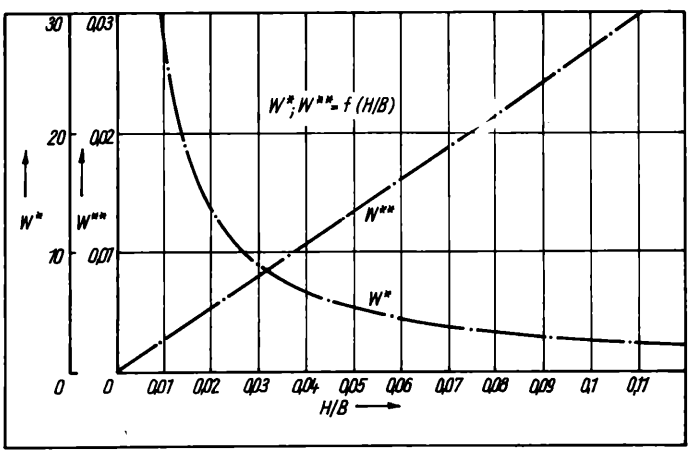
$$\tilde{Q} = 0{,}27\,HB\,v(H)\,. \tag{14}$$

2. Ergebnisse aus praktischen Messungen

2.1. Vorbemerkungen zum Fließquerschnitt

Es wurde betont, daß es bei Abweichung des Fließquerschnitts von der Form des Kreisabschnittes sinnvoll wäre, diesen auf einen äquivalenten Kreisabschnitt umzurechnen (siehe [2]). Das bedeutet aber, daß eine nahezu vollständige Bodenprofilaufnahme des Fließgewässers entsprechend der gültigen Meßvorschrift [1] durchzu-

Bild 3. Diagramm zur Auswertung praktischer Messungen bei laminarer Strömung entsprechend (12a) und (12b)



Tafel: Meßwerte und Auswertung

Gewässer	Meßstelle	Abkürzung	Registrier-Nr. in der OFM Schwerin	Meßwerte					Auswertung nach (12b)		Auswertung nach (18)
				Q_{gem} m³/s	t_{max} m	B m	v_{max} m/s	H/B	W^{**}	$Q(H/B)$ m³/s	$\tilde{Q}_{gem}$ m³/s
Warnow	Langen Brütz	W_L	12/73	0,95	0,78	7,8	0,37	0,10	0,02713	0,611	1,083
			6/78	1,47	0,98	7,9	0,38	0,1242	0,0340	0,805	1,415
			4/86	2,25	1,0	7,9	0,43	0,1266	0,0347	0,931	1,634
	Groß Görnow	W_G	1/84	3,10	0,63	8,5	1,46	0,07412	0,020	2,105	3,761
			6/85	4,32	1,0	11,0	0,90	0,0909	0,0246	2,678	4,762
	Rühn	W_R	1/82	23,77	2,0	20,0	1,04	0,10	0,0271	11,284	20,01
Sude	Garlitz	S_u	5/79	13,68	1,45	13,8	1,66	0,105	0,0286	9,026	15,977
			6/79	6,06	1,29	13,5	0,65	0,0956	0,0259	3,066	5,445
			5/84	5,27	1,19	13,0	0,66	0,0915	0,0248	2,762	4,911
Stepenitz	Börzow	St	1/83	1,55	0,68	9,7	1,00	0,0701	0,0189	1,774	3,173
			8/86	1,774	0,66	9,5	0,94	0,0695	0,0187	1,585	2,835
Maurine	Schönberg	M	2/84	0,52	0,39	6,5	0,36	0,06	0,0161	0,245	0,439
			1/86	0,77	0,45	7,0	0,45	0,0643	0,0173	0,381	0,682
			4/86	1,14	0,59	7,2	0,49	0,08194	0,0221	0,562	1,001
Elbe	Wittenberge	E	1/87	2125,0	7,40	1056,1	1,54	0,00701	0,001869	(3209,721)	
		E_H			7,40	320,0	1,54	0,02313	0,006172	973,350	1754,07
		E_N			1,33	736,1	1,29	0,00181	0,000398	278,270	607,47
										1251,62	2361,54
		E	2/87	2255,0	7,43	1056,6	1,50	0,00703	0,001875	(3139,91)	
		E_H			7,43	320,0	1,50	0,02322	0,006197	951,92	1715,44
		E_N			1,54	736,6	1,36	0,00209	0,000516	380,66	742,06
										1332,57	2457,49
		E	3/87	2657,0	8,08	1060,6	1,48	0,00762	0,002032	(3382,19)	
		E_H			8,08	320,0	1,48	0,02525	0,006741	1021,57	1840,64
		E_N			1,96	740,6	1,22	0,00265	0,000694	464,42	851,81
										1485,99	2692,45
		E	4/87	2308,0	7,60	1059,6	1,52	0,00717	0,001913	(3264,10)	
		E_H			7,60	320,0	1,52	0,02375	0,006339	986,72	1778,08
		E_N			1,52	739,6	1,35	0,00206	0,000520	384,01	729,99
										1370,73	2508,07

führen ist. Im Sinne einer drastischen Reduzierung des Meßaufwandes (vgl. [3] und [4]) soll hier darauf verzichtet werden, und es wird lediglich auf die maximale Lottiefe $t_{max} = H$ im Fließquerschnitt orientiert. Dabei werden bewußt Fehler in Kauf genommen mit der Begründung, daß diese prozentual für unterschiedliche Fließgewässer mit natürlicher Bettausprägung etwa gleich sind bzw. für ein Gewässer an einer Stelle typisch sind.

2.2. Datenmaterial

Das Datenmaterial wurde dankenswerterweise von der Oberflußmeisterei Schwerin, Abt. Hydrologie, aus Messungen der Jahre 1973 bis 1987 zur Verfügung gestellt (Tafel). Es stammt aus Messungen an unterschiedlichen Flüssen, unterschiedlichen Flußquerschnitten und bei unterschiedlichen Bedingungen. Den umfang-

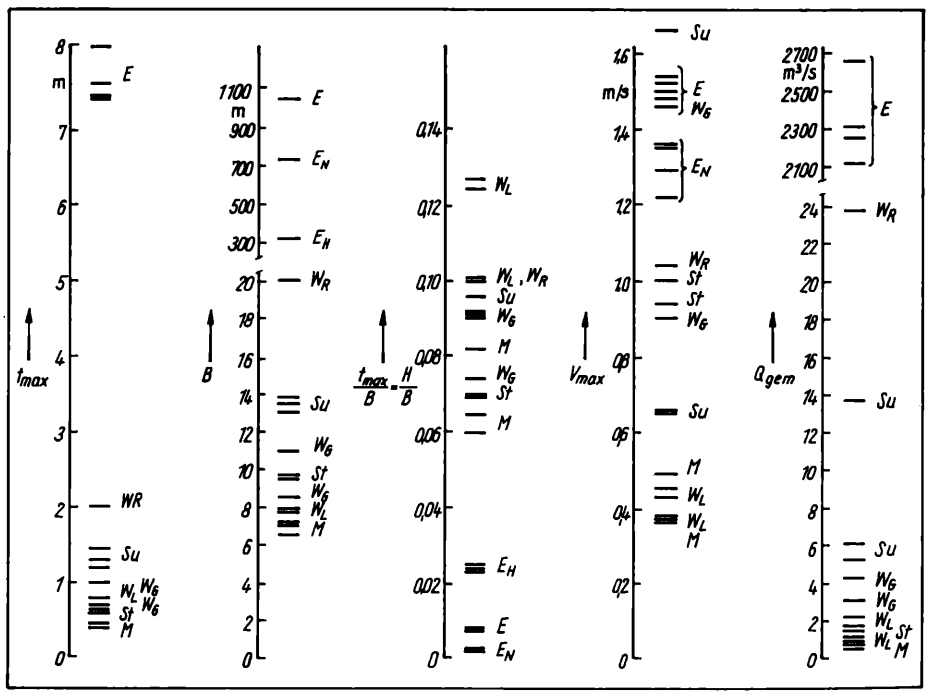


Bild 4. Verteilung der Meßergebnisse (siehe auch Tafel)

reichen Meßprotokollen wurden lediglich die in diesem Zusammenhang interessierenden Angaben entnommen und zwar die

- maximale gelotete Tiefe t_{max}
- Breite des Spiegels B
- maximal auftretende Fließgeschwindigkeit im Querschnitt v_{max}
- mittlere Durchflußmenge Q_{gem} (die als wirkliche angenommen wird).

Die Lottiefe t_{max} wurde jetzt als Füllstandshöhe, $H = t_{max}$, angenommen. Anhand von Bild 4 in Verbindung mit der Tafel erkennt man das weite Spektrum der verschiedenen Parameter.
Im Bild 5 sind zwei Fließquerschnitte mit den gemessenen Geschwindigkeitsprofilen aus den vorliegenden Meßprotokollen als Beispiel rekonstruiert. Man erkennt, daß

- v_{max} und t_{max} nicht in einer Lotrechten zusammenfallen
- v_{max} im Oberflächenbereich auftritt
- es möglich ist, den Fließquerschnitt ganz grob als extrem wenig gefülltes Rohr anzunähern
- bei gedachter Verlegung der maximalen Tiefe in die Gewässermitte und Konstruktion eines Kreisabschnittes als Fließquerschnitt, dieser kleiner als der wirkliche ausfällt. Folglich wird auch die auf diesem Wege ermittelte Durchflußmenge geringer als die wirkliche sein. Es kann vermutet werden, daß die Abweichung für unterschiedliche Gewässer prozentual etwa gleich ist.

2.3. Auswertung

Im Bild 6a sind die gemessenen Durchflußmengen Q_{gem} über den nach (12b) aus H und B ermittelten Durchflußmengen $Q(H/B)$ aufgetragen. In der doppeltlogarithmischen Darstellung im Bild 6b läßt sich die Spanne von 4 Größenordnungen angeben.
Wie erwartet, fallen die ermittelten Werte $Q(H/B)$ in der Regel zu klein aus. Auffallend sind die Ergebnisse zunächst aus der Elbe. Die Profilaufnahme im Bild 7 gibt den Grund der Abweichung an. Als Fließquerschnitt für die Auswertung entsprechend Bild 8 wurden zwei parallel geschaltete Ströme betrachtet, der Elbe-Hauptstrom (E_H) und der Elbe-Nebenstrom (E_N), der nur, wie in diesem Falle, bei Hochwasser in Erscheinung tritt. Die getrennt berechneten Durchflußmengen wurden addiert. Das Ergebnis paßt in das allgemeine Bild (Bild 6a bzw. 6b).
Man erkennt, daß zwischen Q_{gem} und $Q(H/B)$ ein linearer Zusammenhang in der allgemeinen Darstellung

$$Q_{gem} = mQ(H/B)\,, \quad m > 1 \tag{15}$$

bzw.

$$\lg Q_{gem} = \lg Q(H/B) + \lg m \tag{16}$$

anzugeben ist.

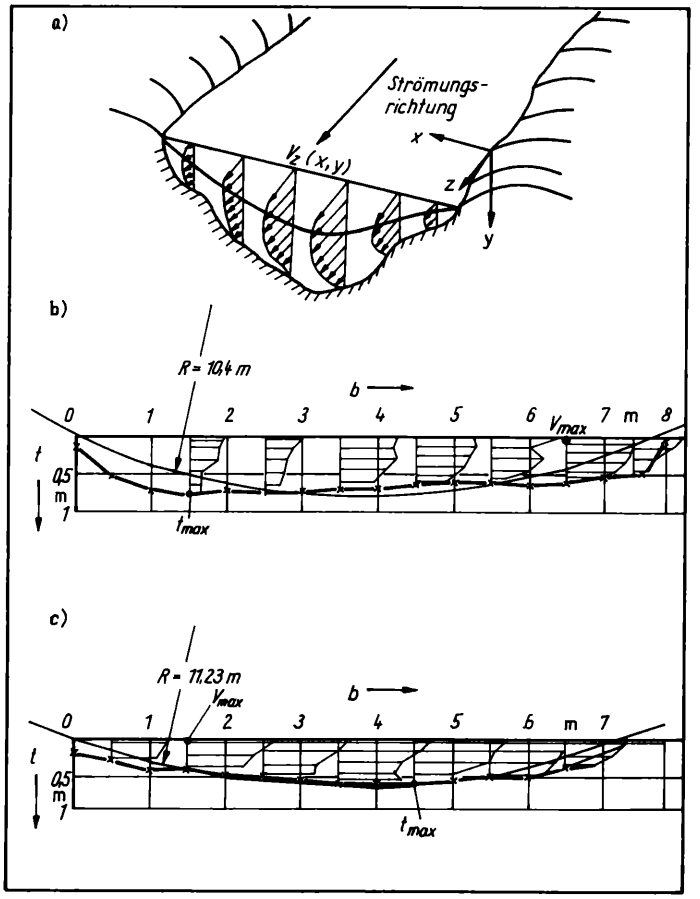


Bild 5. Fließquerschnitte
a) Skizze eines Durchflußprofils; b) Fließquerschnitt der Warnow bei Langenbrütz, 12/73 (17. Oktober 1973), $t_{max} = 0{,}78$ m; $B = 7{,}8$ m, $v_{max} = 0{,}37$ m/s, $Q_{gem} = 0{,}95$ m³/s; c) Fließquerschnitt der Maurine bei Schönberg, 4/86 (28. April 1986), $t_{max} = 0{,}59$ m, $B = 7{,}20$ m, $v_{max} = 0{,}49$ m/s; $Q_{gem} = 1{,}14$ m³/s

Für die hier vorliegenden Messungen aus einem weiten Spektrum wurde $m = 1{,}783$ ermittelt.
Es wäre zweckmäßig, weitere vorliegende Meßergebnisse in dieser Richtung aufzuarbeiten, um dieses Ergebnis zu untermauern. Ebenso wäre zu belegen, ob für einzelne Fließgewässer oder Meßstellen getrennt, wie es die aus dieser Darstellung herausfallenden Werte der Stepenitz (siehe Bild 6a und b) andeuten, Meßergebnisses auszuwerten sind.
Aus der Verknüpfung von (14) und (15) ergibt sich eine einfache

Bild 6. Meßergebnisse
a) Meßergebnisse und ermittelte Ergebnisse; b) logarithmische Darstellung

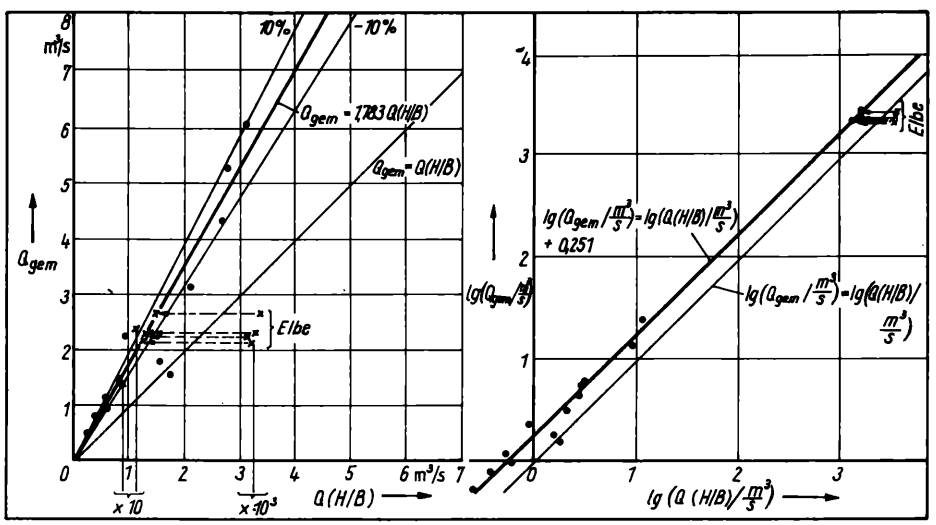
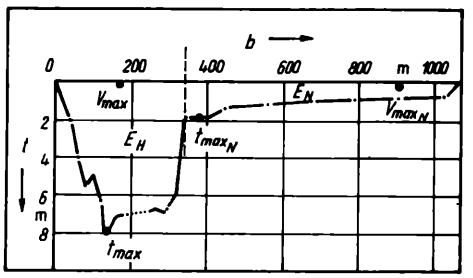


Bild 7. Profil der Elbe bei Wittenberge 3/87 (4. April 1987) (verzerrte Darstellung)
$t_{max} = 8{,}08$ m; $B = 1060{,}6$ m; $v_{max} = 1{,}48$ m/s; $Q_{gem} = 2657$ m³/s
Hauptstrom E_H: $t_{max\,H} = 8{,}08$ m; $B_H = 320$ m; $v_{max\,H} = 1{,}48$ m/s
Nebenstrom E_N: $t_{max\,N} = 1{,}96$ m; $B_N = 740{,}6$ m; $v_{max\,N} = 1{,}22$ m/s



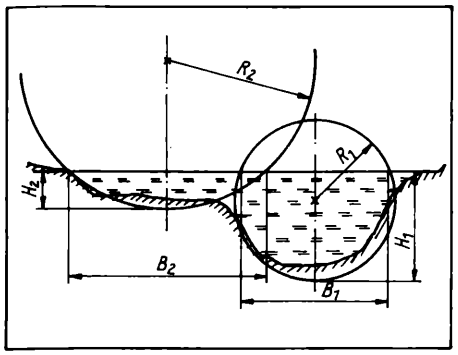


Bild 8. Prinzipdarstellung für die Bearbeitung von „unnatürlichen" Fließquerschnitten

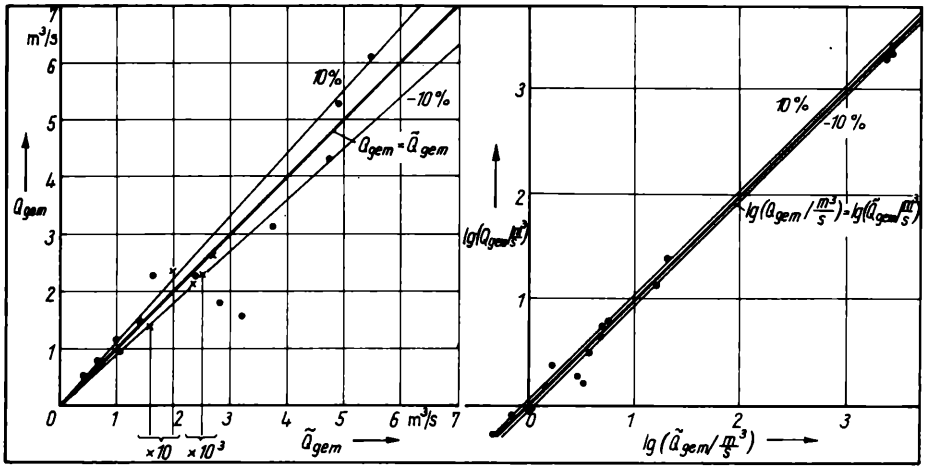


Bild 9. Nach (18) berechnete Durchflußwerte $\tilde{Q}_{gem}$ im Vergleich mit gemessenen Werten Q_{gem}
a) lineare Darstellung; b) doppeltlogarithmische Darstellung

allgemeine (genäherte) Darstellung zur Berechnung der Durchflußmenge aus den Meßwerten H, B und $v(H)$:

$$\tilde{Q}_{gem} = m\tilde{Q} = 0{,}27mHB\,v(H)\,, \tag{17}$$

und damit

$$\tilde{Q}_{gem} = 0{,}481HB\,v(H)\,. \tag{18}$$

Die mit dieser Beziehung direkt aus den Meßwerten $H = t_{max}$, B und $v(H) = v_{max}$ berechneten Durchflußmengen Q_{gem} sind in den Bildern 9a und 9b gegenüber den nach der Meßvorschrift 4 [1] gemessenen Durchflußmengen Q_{gem} aufgetragen. Man erkennt den linearen Zusammenhang und die weitgehende Übereinstimmung der Ergebnisse, die auf zwei völlig verschiedenen Wegen ermittelt wurden.

2.4. Fehler

In den Bildern 6 bzw. 9 wurde jeweils die $\pm 10\%$ Fehlergrenze mit eingezeichnet. Auffällig ist, daß der größte Teil der Meßwerte innerhalb dieser Grenzen liegt.

Es ist anzunehmen, daß bei der Vielzahl der Einzelmessungen nach [1] das ein ganz natürlicher Toleranzbereich ist [3], zumal auch abhängig von der Dauer der Messungen insgesamt, z. B. bei Messungen in der Elbe, sich während des Meßablaufes die Verhältnisse in diesen Grenzen selber ändern können (vgl. die Unterschiede von einem zum anderen Tag bei den Messungen in der Elbe 2/87, 3/87 und 4/87).

Bei der Ermittlung der Durchflußmenge nach (18) spielt der Zeitfaktor der Messung keine Rolle. Um innerhalb des gleichen Fehlerbereichs $\pm p$ zu bleiben, bedeutet das, daß für das Produkt $HB\,v(H)$ wegen des linearen Zusammenhanges der Fehler $\pm p$ zulässig ist (oder für einen der Faktoren). Unter anderem könnte die Frage nach der Stelle, wo die größte Lottiefe oder wo die maximale Geschwindigkeit ist, auftauchen. Hier sind dann also durchaus Fehler von $\pm p$ des einen oder anderen Meßwertes zu vertreten.

Schlußbemerkungen

Obwohl der Ausgangspunkt der Betrachtungen die Strömungsgeschwindigkeitsmessung mit akustischen Methoden an Rohren war, ist hier ein Verfahren beschrieben, das unabhängig von einem speziellen Strömungsmeßverfahren, zur „punktförmigen" Ermittlung der Strömungsgeschwindigkeit verwendet werden kann. Sollte es sich nach weiteren Überprüfungen als tragfähig erweisen, so stellt es ein schnelles Verfahren mit geringem Meß- und Auswerteaufwand dar. Es wäre ein Verfahren, das zur Kontrolle bzw. Überwachung oder im Sinne der Prozeßmeßtechnik einsetzbar ist.

Da es unabhängig vom Strömungsmeßverfahren zu verwirklichen ist und die maximalen Strömungswerte im unmittelbaren Oberflächenbereich auftreten, ist auch an den Einsatz berührungsloser Strömungsgeschwindigkeitsmeßverfahren zu denken.

Literatur

[1] Vorschrift Nr. 4 — Durchflußmeßvorschrift — Amt für Wasserwirtschaft beim Ministerrat der DDR, Berlin 1969.

[2] Gätke, J.: Zur Durchflußmessung an geradlinigen Gerinnen mit kreisförmigem Querschnitt. msr, Berlin 30 (1987) 10, S. 463—469.

[3] Rack, Ch.: Unsicherheit bei der Abflußmessung mit Ultraschall und mit Meßflügeln in offenen Gerinnen. Mitt. Nr. 100, Inst. f. Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU Berlin, S. 164—205, Berlin (West) 1982.

[4] Rożdżyński, K.: Metody akustyczne w miernictwie hydrologicznym i meteorologicznym (Akustische Methoden in der hydrologischen und meteorologischen Meßtechnik). Proceedings of the IV. Symposium on Hydroacustics, Gdynia 1987, S. 27—48. msr 8845

In eigener Sache

Wir suchen einen Fachredakteur für unsere Zeitschrift, der in oder bei Berlin über Wohnraum verfügt. Er sollte ein abgeschlossenes Hochschulstudium in der Fachrichtung Technische Kybernetik/Automatisierungstechnik oder in einem angrenzenden Gebiet (z. B. Technische Informatik oder Elektrotechnik/Elektronik) und gute Kenntnisse der deutschen Sprache haben.

Seine Aufgaben umfassen:
— redaktionelle und fachliche Bearbeitung von Manuskripten
— Besuch und Auswertung von Fachtagungen, -messen und -ausstellungen
— fachbezogene journalistische Tätigkeit.

Interessenten wenden sich bitte an:

VEB Verlag Technik
Oranienburger Str. 13/14
Berlin
1020

Redaktion „messen · steuern · regeln"
Tel.: 2 87 03 62
2 87 03 74

D. Herrmann

Berührungsloser Wellenschwingungsaufnehmer mit geringer Abhängigkeit von der Stahlzusammensetzung

0. Einleitung

Für eine hinreichend genaue Diagnose der Schwingungen an Wellen sind einige Forderungen an die Meßtechnik zu stellen, die den Aufwand relativ hoch treiben. Dazu gehören:

— hohe Langzeitkonstanz
— berührungslose Messung
— Messung in unterschiedlichen Umgebungsmedien
— Auflösung von 1 µm
— Messung an verschiedenen Objektmaterialien.

Im Beitrag soll auf den letzten Punkt eingegangen werden. Es wird gezeigt, daß ein nach dem Wirbelstromprinzip arbeitender, neuer Wellenschwingungssensor [3] im Unterschied zu den bekannten Typen weitgehend unabhängig von der Stahlzusammensetzung arbeitet. Dadurch ergeben sich wesentlich erweiterte Einsatzmöglichkeiten:

1. Messungen bei unbekannter Stahlzusammensetzung
2. Überwachung (diskontinuierlich) der Signale beliebig vieler Sensoren mit einem einzigen Auswertegerät ohne besondere Anpassung.

1. Stand der Technik

Kommerzielle Wellenschwingungsmeßgeräte nach dem Wirbelstromprinzip verwenden einheitlich den bekannten „Einspulensensor". Die Spule dieses Sensors wird mit einer Wechselspannung gespeist. Das entstehende Magnetfeld induziert im benachbarten, elektrisch leitenden Meßobjekt Wirbelströme, die wieder auf die Spule zurückwirken und in Abhängigkeit vom Objektabstand die elektrischen Parameter der Spule beeinflussen (Bild 1 a).
Dieser Einspulensensor weist eine starke Abhängigkeit von der Stahlzusammensetzung auf. Die Fa. *Schenk*/BRD umgeht diese Schwierigkeit, indem sie nur den Werkstoff Nr. 17223 nach DIN 172122 (AISI 4140) mit der Zusammensetzung 41CrMo4 zuläßt [1]. Der Hersteller *Micro-Epsilon* legt als Standardmaterial Baustahl St37 (DIN 1.0110) oder Aluminium fest, bzw. verlangt genaue Angaben vom Kunden zum verwendeten Material zwecks Anpassung [2].
Um die starke Abhängigkeit der Meßanzeige von der Stahlzusammensetzung zu belegen, wurden mit einem kommerziellen Einspulensensor die beiden Stähle St38 und 20MnCr5 durchgemessen. Bild 2 zeigt die erhaltenen Kurven. Der Hersteller gab für seinen Sensor die Stahlzusammensetzung 41CrMo4 an.
Die Abweichungen zwischen St38 und 20MnCr5 betragen im ungünstigsten Fall über 400 µm. Ähnliche Werte erreichen die absoluten Fehler, z. B. bei einem Abstand von 2000 µm betragen die Fehler bei St38 etwa 100 µm und bei 20MnCr5 etwa 370 µm. Bei einem Abstand von 2500 µm liegen die Fehler bei St38 über 100 µm und bei 20MnCr5 sogar um 460 µm. Das sind nicht vertretbare Abweichungen, hervorgerufen durch verschiedene Stahlzusammensetzungen.
Im Bild 2 (und später auch im Bild 3) gibt die Ordinate (Abstand) den absoluten Abstand des Objektes von der Stirnfläche des Sensors an. Die Messungen beginnen aber erst ab 1000 µm, da dieser Sicherheitsabstand vorgegeben wurde.
Die Abszisse gibt jedoch die Anzeige des verwendeten Gerätes wieder. Vom Hersteller wurde der Nullpunkt in den Mittelpunkt der Anzeige (plus Sicherheitsabstand) gelegt und der Richtungssinn zu großen Abständen vom definierten Nullpunkt mit negativem Vorzeichen festgelegt.

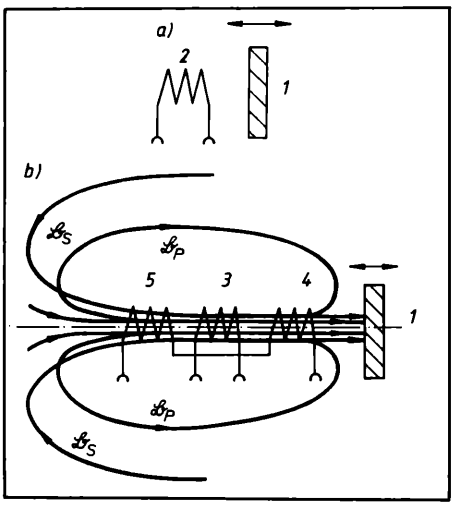


Bild 1. Geber
1 Meßobjekt; 2 Meßspule; 3 Sendespule; 4 Empfangsspule; 5 Kompensationsspule

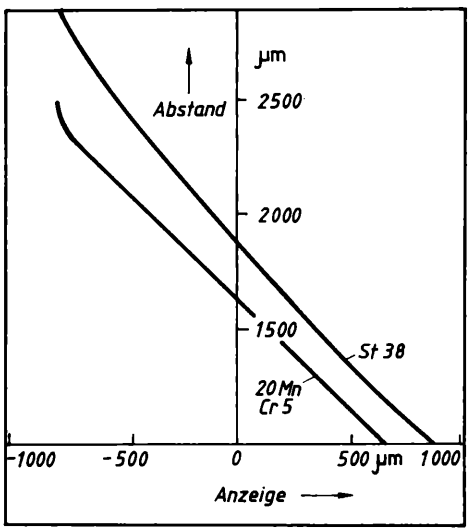


Bild 2. Einspulenverfahren/2 Stahlsorten

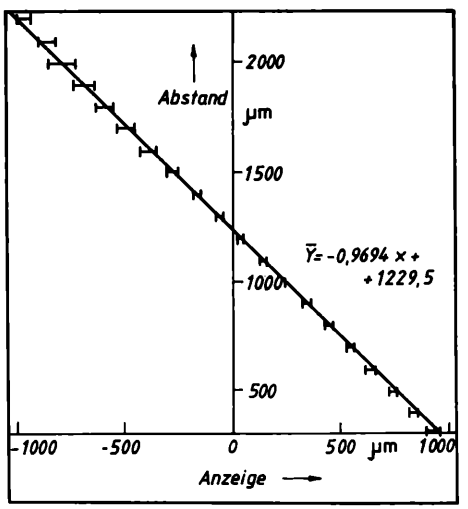


Bild 3. Dreispulenverfahren/5 Stahlsorten

Doz. Dr. sc. nat. DIETHARD HERRMANN (52) studierte von 1954 bis 1959 Physik an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald. 1963 Promotion A, 1974 Promotion B. Seit 1970 Dozent an der Sektion Physik/Elektronik der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald.

2. Dreispulenverfahren

Aus patentrechtlichen Überlegungen und aus Gründen der zu verarbeitenden Meßfrequenz wurde an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald ein neuartiger Sensor entwickelt, aufgebaut und erprobt, der anstelle einer Spule drei Spulen verwendet. Das Prinzip wird deshalb „Dreispulenverfahren" genannt [3].

2.1. Wirkprinzip

Es handelt sich beim Dreispulensensor, entsprechend Bild 1b, um 3 axial hintereinander angeordnete Luftspulen (d. h., mit Ausnahme des Prüflings, um einen „Lufttransformator"). Die Wirkung besteht in groben Zügen aus folgendem: Die mit Wechselspannung gespeiste Primärspule 3 induziert in den elektrisch gegengeschalteten Spulen 4 und 5 gegensinnige Wechselspannungen fast gleicher Amplituden und zugleich im Meßobjekt Wirbelströme, deren zum Spulensystem axial-symmetrisches sekundäres magnetisches Wechselfeld $\mathfrak{B}_s$ seinerseits in den Spulen 4 und 5 Spannungen induziert. Wegen ihres axialen Abstandes erfassen beide Spulen also die Differenz der magnetischen Induktionen des sekundären Wechselfeldes an zwei verschiedenen Orten der Spulenachse, d. h., ein Maß für den axialen Feldgradienten (analog einer Gradientenmeßsonde). Für verschiedene Wellenmaterialien resultiert so zunächst eine Schar auffächernder Kennlinien in Abhängigkeit vom Abstand s zwischen Aufnehmer und Prüfling. Sehr wesentlich für das Entwicklungsziel war nun, daß es für eine Gruppe vorgegebener Wellenmaterialien einen empirisch leicht auffindbaren günstigsten Aufnehmerabstand s_0 gibt, an dem mittels der Kompensationsspule 5 das Gradientenmeßsignal nahezu für alle betrachteten Materialien zu Null und damit materialunabhängig gemacht werden kann. (Der Hersteller liefert für jeden Aufnehmertyp ein Distanzstück für s_0 mit.) Die Kennlinien erhalten hierdurch bei s_0 einen gemeinsamen Schnittpunkt, so daß ihre materialspezifischen Differenzen sich erst bei stärkerer Abweichung des Meßabstandes s von s_0 deutlicher auswirken, wie aus Bild 3 deutlich hervorgeht. Die Materialabhängigkeit, die unvermeidlich zum Auffächern der Kennlinien führt und bedingt ist durch die Verschiedenheit der magnetischen Permeabilität und der elektrischen Leitfähigkeit der Wellenmaterialien, wird also nicht grundsätzlich beseitigt, sondern nur in der Meßgrößenänderung Δs von s_0 ($s_0 \pm \Delta s$) wirksam. Beim Einspulenaufnehmer wirkt sich die Auffächerung dagegen auf den vollen Grundabstand s_0 aus, da der Meßnullpunkt dort bei $s_0 = 0$ liegt.

Meßsignalverarbeitung und technischer Aufbau sind in [3] bis [5] und [7] bis [13] beschrieben.

Bild 3 zeigt für fünf sehr unterschiedliche Stahlsorten den gemessenen Verlauf. Die eingezeichnete Gerade ist die aus allen Messungen gemittelte Kurve. Innerhalb der eingezeichneten Intervalle liegen alle Meßpunkte der untersuchten Stahlzusammensetzungen. Es wurden folgende Stähle gemessen:

- 20MnCr5
- 90MnV8
- 10Cr6
- St38
- unbekannter Wellenstahl.

Zum Vergleich sei auf die Kurven des Bildes 2 verwiesen, in dem die Kennlinien des Einspulenverfahrens für die Stähle St38 und 20MnCr5 dargestellt wurden. Man beachte an dieser Stelle den Hinweis im Abschnitt 2 über die Koordinaten in den Bildern 2 und 3. Für den betrachteten Aufnehmertyp wird die linearisierte Kennlinie für die fünf untersuchten Stahlsorten durch die Gerade

$$\bar{y} = -0{,}9694x + 1229{,}5$$

am günstigsten approximiert.

Die durch die Intervalle angedeuteten Fehler, die durch verschiedene Stahlzusammensetzungen bedingt sind, liegen unter den bei Wellenschwingungsmessungen (z. B. durch Temperatureinflüsse auf Geber, Halterung und Objekt) üblichen Ungenauigkeiten.

Die Möglichkeit des Dreispulen-Wirbelstrommeßverfahrens, eine weitgehende Stahlsortenunabhängigkeit und damit eine Erweiterung des Einsatzbereiches zu erzielen, wurde patentiert [14].

2.2. Nachteile des Dreispulenverfahrens

Das Dreispulenverfahren hat gegenüber dem Einspulenverfahren auch einige Nachteile, auf die hier hingewiesen werden soll. Zunächst sei der Mehraufwand von zusätzlich zwei Spulen genannt. Dazu kommt der Nullabgleich zwischen Empfangs- und Kompensationsspule, der beim Einspulenverfahren entfällt und den wir als größten Nachteil dieses Verfahrens einschätzen, da der Abgleich per Hand für jeden Sensor notwendig ist. Als dritter Nachteil ist ein Mehraufwand für die Kabel zu nennen. Zwischen Sensor und Vorverstärker ist ein 5adriges, abgeschirmtes und temperaturbeständiges Kabel (1 bis 5 m je Sensor) notwendig, während beim Einspulenverfahren ein genormtes 2adriges Kabel mit den gleichen Forderungen eingesetzt werden kann. Ferner ist beim Dreispulenverfahren zwischen Vorverstärker und Hauptgerät ein abgeschirmtes Kabel (bis 250 m) notwendig, während die Schirmung beim Einspulenverfahren entfallen kann.

Vergleicht man jedoch den Vorteil der Stahlsortenunabhängigkeit und den hier nicht behandelten wesentlich geringeren Temperaturkoeffizienten [7] [8] und [11], so ist der höhere Aufwand an Material und Arbeit — ein 6-Kanalgerät kostet etwa 20000,— M — in vielen Fällen gerechtfertigt.

Zusammenfassung

Gegenüber dem bekannten berührungslosen „Einspulen"-Wirbelstromverfahren zur Messung von Wellenschwingungen (dynamisch und statisch) wird ein „Dreispulen"-Wirbelstromverfahren vorgestellt. Das neue Verfahren besitzt den Vorteil einer Unabhängigkeit der Meßanzeige von der Stahlzusammensetzung des Meßobjektes (Welle). Damit wird das Dreispulenmeßverfahren einfacher und vielfältiger einsetzbar (keine Anpassung an verschiedene Stahlsorten; Einsatz eines Meßgerätes für mehrere Sensoren, die fest an verschiedenen Wellen unterschiedlicher Zusammensetzung angebracht sind; Möglichkeit der Messung an Wellen unbekannter Stahlzusammensetzung).

Literatur

[1] Vibro Control 2000. Das System zur Überwachung von Maschinen. Firmenprospekt C 1320 — 4 der Fa. Schenk AG.

[2] Berührungslose Wegmeßsysteme multi NCDT, Serie 300. Firmenprospekt DT 310 — SM der Fa. Micro-Epsilon Meßtechnik GmbH.

[3] Herrmann, D.; Lubenow, H.; Unger, H.: Wellenschwingungsmeßgerät für 6 Kanäle. msr, Berlin 28 (1985) 9, S. 412—414.

[4] Autorenkollektiv: Entwicklung eines Wellenschwingungsmeßsystems für Turbinen. Forschungsbericht V 5, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 1983.

[5] Balzer, H.-U.: Untersuchungen zur Anwendung der Wirbelstrommethode zur Messung von Wellenschwingungen und Entwicklung eines Meßverfahrens. Dissertation A, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 1982.

[6] Herrmann, D.: Wellenschwingungsmessung für die permanente Überwachung von Maschinen. Instandhaltung, Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit. KDT Frankfurt (Oder), Sonderheft zur Technologiemesse „Technische Diagnostik" (1986) 8, S. 86—93.

[7] Herrmann, D.; Meyer, H.: Temperaturabhängigkeiten bei berührungslosen Weg- und Schwingungsmessungen — Teil I: Aufnehmer. ORGREB-Informationen (1985) 125, S. 66—70.

[8] Herrmann, D.; Meyer, H.: Temperaturabhängigkeiten bei berührungslosen Weg- und Schwingungsmessungen — Teil II: Meßobjekt und Gesamtmeßanordnung. ORGREB-Informationen (1986) 130, S. 22—26.

[9] Herrmann, D.: Beseitigung der Temperaturabhängigkeiten bei berührungslosen Weg- und Schwingungsmessungen. Patentschrift DD 236 586 A 1.

[10] Herrmann, D.: Berührungslose Weg-Schwingungssensoren mit geringen Temperaturabhängigkeiten. Patentschrift DD 243 342 A 1.

[11] Herrmann, D.; Meyer, H.: Beseitigung der Temperaturabhängigkeit bei Weg- und Schwingungsaufnehmern im Komplex. Patentschrift DD 235 325 A 1.

[12] Herrmann, D.: Temperaturkompensation bei berührungslosen Weg- und Schwingungssensoren. Patentschrift DD 222 396 A 1.

[13] Herrmann, D.: Temperaturkompensation bei Weg- und Schwingungsaufnehmern ohne bewegliche Teile. Patentschrift DD 231 636 A 1.

[14] Herrmann, D.: Berührungslose Weg-Schwingungsaufnehmer mit stahlsortenunabhängiger Kennlinie. Patentschrift DD 246 370 A 1.

msr 8827

M. K. Cevik, D. Naunin

Vollständig digitale Regelung von Servoantrieben

0. Einleitung — Anforderungen an Servoantriebe

Die Automatisierung und industrielle Fertigung sind in der heutigen Zeit ohne Industrieroboter (IR) nicht mehr denkbar. Industrieroboter werden als flexibles Automatisierungsmittel für Teilaufgaben, wie Handhaben und Bearbeiten von Werkstücken, Schweißen, Messen, Farbspritzen, Montieren von einfachen Teilen, eingesetzt. Bei all diesen Anwendungsfällen spielt die eindeutig definierte und rekonstruierbare Bewegung, Positionierung und Orientierung des Werkzeuges bzw. des Greifers unabhängig von seiner Lage im Arbeitsbereich eine wesentliche Rolle. An die Sensoren und Steuergeräte werden hinsichtlich ihrer Dynamik, Positioniergenauigkeit, Belastbarkeit, Zuverlässigkeit, Wartungsfreundlichkeit, Flexibilität, Automatisierungsfähigkeit und Informationsverarbeitung hohe Anforderungen gestellt. Heute eingesetzte und marktübliche IR besitzen mehrere Freiheitsgrade — meistens 6 für Bahnsteuerungen oder weniger als 6 für Punkt-zu-Punkt-Steuerungen — und dementsprechend viele Achsen und Motore, die koordiniert gesteuert werden müssen. Die Aufgabe der Steuerung ist es, die Bewegungen des Roboters entsprechend seiner Aufgabe zu gewährleisten sowie eine Kommunikation mit dem Menschen oder einem übergeordneten Leitsystem zu ermöglichen. Die bisher eingesetzten Kompaktsteuerungen haben den Nachteil, daß sie die Störgrößen, die durch die Reibung in Motoren und Getrieben und durch die Last- und Trägheitsänderungen entstehen, nicht frühzeitig erkennen und kompensieren können und viele analog arbeitende Komponenten besitzen, die die Wirtschaftlichkeit, Flexibilität, Bearbeitungsgenauigkeit und Automatisierungsfähigkeit beeinträchtigen.

Im folgenden wird ein neues einfaches und preiswertes Steuerungskonzept vorgestellt. An das Steuerungssystem werden ausgehend vom Stand der Technik folgende Forderungen gestellt:

- höhere Dynamik ($>1:10000$)
- höhere Positioniergenauigkeit ($<0{,}15$ mm)
- höhere Wiederholgenauigkeit ($<0{,}1$ mm)
- schnellere und sicherere Informationsverarbeitung (Interpolationstakt <8 ms)
- möglichst wenige Analogkomponenten
- hohe Flexibilität, Zuverlässigkeit und Wartungsfreundlichkeit
- hohe Wirtschaftlichkeit und Verfügbarkeit
- einfache und komfortable Bedienbarkeit.

1. Steuerungskonzept

Kern des Steuerungssystems ist ein neues rein digitales Lösungskonzept, das hier zunächst für Gleichstromantriebe vorgestellt wird, aber auch für Drehstromantriebe gilt. Es hat drei Schwerpunkte. Zunächst soll jedoch der derzeitige Stand der Technik beschrieben werden. Antriebe für IR sind wegen der einfachen Ansteuerung bisher meistens mit Gleichstrommotoren aufgebaut. Die Positionierung der Maschine übernimmt eine Lageregelung, der eine Drehzahl- und eine Stromregelung unterlagert sind. Während Drehzahl- und Stromregler analog arbeiten, ist der Lageregler im allgemeinen digital ausgeführt und häufig in die übergeordnete Robotersteuerung integriert (Bild 1a). Diese Anordnung enthält einige Nachteile, wie aufwendige Analogschaltungen und Schnittstellen, Inflexibilität der Regelalgorithmen, unterschiedliche Meßaufnehmer für Lage und Drehzahl und eine hohe Belastung des Steuerrechners durch die Lageregelung.

Aus diesen Gründen wurde ein alternatives Konzept für eine Robotersteuerung entwickelt, das Bild 1b zeigt.

Jede Roboterachse wird von einem eigenen Rechner überwacht und gesteuert. Dieser „Achsenrechner (AR)", der erste Schwerpunkt des Steuerungskonzepts, erfaßt digital alle Zustandsgrößen der Gleichstrommaschine (Strom, Drehzahl, Lage), berechnet mit Hilfe des implementierten Regelalgorithmus die entsprechende Stellgröße und übergibt sie als PWM-Signal (Pulse-Width-Modulation, Pulsbreitenmodulation) an den Servoverstärker. Außerdem bearbeitet der AR sämtliche Sensorsignale der jeweiligen Roboterachse. Die regelungstechnische Aufgabe besteht darin, eine Lageregelung ohne Überschwingen zu realisieren, die unter allen Betriebsbedingungen gleiches dynamisches Verhalten zeigt.

Die Integration dieser Aufgaben in ein dezentrales Gesamtsystem mit verteilter Intelligenz, mit dem die oben genannten Forderungen erfüllt werden können, ist der zweite Schwerpunkt. Bild 2 stellt das Gesamtkonzept dar.

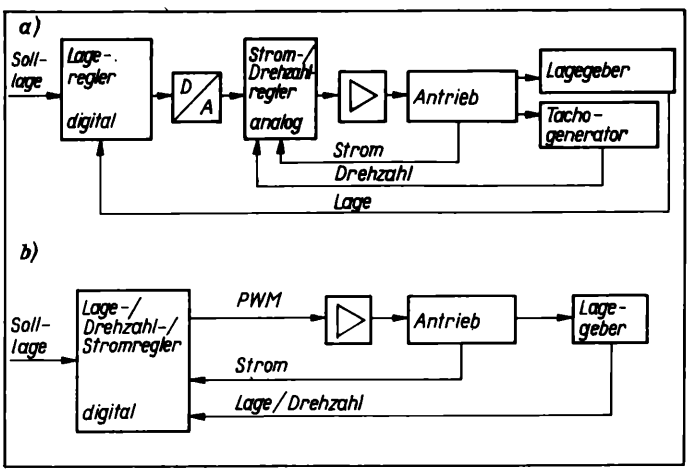
Alle Achsenrechner sind über einen seriellen Bus (SDLC/HDLC-Protokoll mit 2,4 MBaud Übertragungsrate) mit einem Masterrechner verbunden und erhalten über ihn ihre Anweisungen und Sollwerte.

Als Mensch-Maschine-Schnittstelle stehen ein Handprogrammiergerät (Teach-In) und eine Systemkonsole (für On-line-Programmierung) zur Verfügung. Der Master (MC 68000) überwacht das gesamte System, führt mit seinem parallel arbeitenden Arithmetikprozessor die zur Bahnsteuerung notwendige Koordinatentransformation und Interpolation durch und gibt die errechneten Sollwerte sowie die notwendigen Befehle über das Bitbus-Interface an die einzelnen Achsenrechner weiter. In umgekehrter Richtung werden Istwerte (zur Bahnkorrektur oder zur Dokumentation) und Fehlermeldungen von den Achsenrechnern an den Master übermittelt.

Der dritte Schwerpunkt des Konzeptes ist die Implementierung eines Zustandsreglers anstatt des bisher verwendeten Kaskadenreglers, der gewöhnlich einen Lageregler mit jeweils unterlagertem Drehzahl- und Stromregelkreis enthält.

Als Lageregler werden üblicherweise P- oder PI-Regler, für den Drehzahlregelkreis P-, PI- oder PID-Regler und als Stromregler P- oder PI-Regler eingesetzt.

Bild 1. Reglerstrukturen für Servoantriebe
a) herkömmliche Lösung; b) neue Lösung



Dr.-Ing. M. KEMAL CEVIK (38) stammt aus Izmir/Türkei. Von 1971 bis 1974 studierte er an der Fachhochschule Dortmund (grad. Ing.), von 1978 bis 1981 Elektronik an der TU Berlin (West). Anschließend bis 1987 dort wissenschaftlicher Assistent am Institut für Elektronik. 1987 Promotion. Seit 1988 Entwicklungsingenieur bei der Siemens AG in München.

Prof. Dr.-Ing. DIETRICH NAUNIN (51) studierte von 1957 bis 1963 an der TH Aachen. 1968 Promotion und 1971 Habilitation an der TU Berlin (West). Seit 1972 Professor für Allgemeine Elektrotechnik und Elektronik an der TU Berlin. Spezialgebiete „Elektronik in der Energietechnik" und „Elektrofahrzeuge".

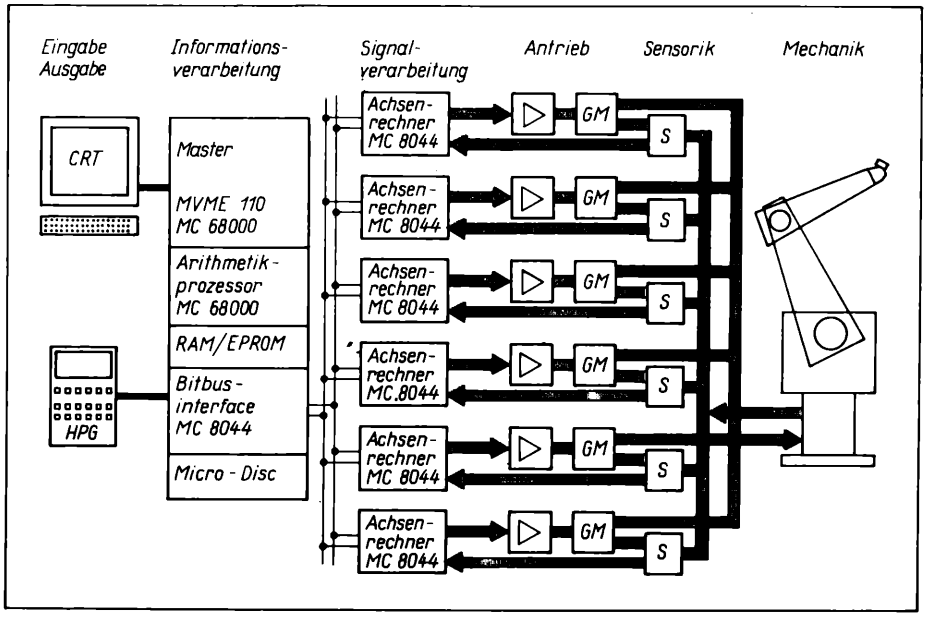


Bild 2. Blockschaltbild des Gesamtsystems
GM Gleichstrommotor; *S* Sensorik; *HPG* Handprogrammiergerät; *CRT* Display

Die Vorteile der Kaskadenregelung sind:

- Die Ausregelung von Störungen erfolgt in den inneren Regelkreisen, bevor sie sich in den überlagerten Regelkreisen auswirken können.
- Die Maximalwerte der inneren Größen können begrenzt werden (Schutzmaßnahmen für die Komponenten des Antriebssystems).
- Entwurf und Stabilisierung von Teilsystemen sind einfach.
- Die Inbetriebnahme ist mit einfachen Mitteln möglich.

Der Einsatz von Kaskadenreglern zur Lageregelung von Servoantrieben zeigt ein gutes Führungs- und Störverhalten, wenn alle Zustandsgrößen (Strom, Drehzahl, Lage) geregelt werden. Beim zeitdiskreten Kaskadenregler stellt allerdings die unterlagerte Stromregelschleife, die in erster Linie für die Momentenregelung des Servoantriebes verantwortlich ist, ein Problem dar. Im allgemeinen sind die elektrischen Zeitkonstanten T_e (dominierende Zeitkonstante für die Stromregelung) der dynamischen Servoantriebe sehr klein (0,15 bis 3,5 ms). Für eine quasikontinuierliche Regelung soll aber die Abtastzeit $^1/_6$ bis $^1/_{10}$ der dominierenden Zeitkonstante der Strecke betragen. Das bedeutet, daß die Abtastzeit für den Stromregelkreis im ungünstigsten Fall zwischen 25 und 580 µs gewählt werden muß. Diese Tatsache führt dazu, entweder den Stromregler analog zu realisieren oder aber auf die unterlagerte Stromregelung zu verzichten. Beide Alternativen widersprechen den oben genannten Anforderungen:
Eine analoge Komponente würde die Flexibilität des gesamten Systems erheblich beeinträchtigen. Der Verzicht auf eine Stromregelung würde das Führungs- und Störverhalten verschlechtern, was wiederum durch Momentenschwankungen die Bahngüte bei der Robotersteuerung verschlechtern würde.
Es ist bekannt, daß sich die Regelkreiseigenschaften bezüglich des Führungs- und des Störverhaltens verbessern lassen, wenn man zur Bildung der Stellgröße außer der Regelgröße weitere Meßgrößen hinzuzieht. Es ist einsichtig, daß der Regler umso gezielter und damit wirkungsvoller auf das Streckenverhalten Einfluß nehmen kann, je mehr er über den jeweiligen Streckenzustand zum Abtastzeitpunkt weiß. Die vollständige Information über den jeweiligen Streckenzustand eines linearen Systems liefert der Vektor x ihrer Zustandsgrößen. Daraus folgt unmittelbar, daß zu einer optimalen Regelung gerade die Information über den aktuellen Wert der Zustandsgrößen der Strecke erforderlich ist. Voraussetzungen hierfür sind, daß alle Zustandsgrößen ohne Informationsverlust meßbar sind und alle Eigenbewegungen der Strecke von der Stellgröße aus anregbar sind, die Strecke also vollständig steuerbar ist. Der Vorteil der Zustandsregelung besteht darin, daß die Zielvorstellung ohne vorherige strukturelle Fixierung des Reglers analytisch formuliert wird. Ziele der Regelung im Bereich der Roboteranwendung sind:

- Erreichen des genauen und stabilen stationären Zustands der Lage in möglichst kurzer Zeit ohne Überschwingen
- keine Stellgrößenbegrenzung bei der geforderten Führungsgrößendynamik
- möglichst kleine Schleppfehler bei konstanter Geschwindigkeit.

2. Lageregelkreis mit Zustandsregler

Die Ableitung der Bestimmungsgleichungen für den Zustandsregler erfolgt über die Systemgleichungen des Antriebes. Bekanntlich lautet das lineare zeitinvariante Differentialgleichungssystem für eine Gleichstrommaschine mit den drei Zustandsgrößen $i_A(t)$, $\omega(t)$ und $\varphi(t)$ (Ausgangsgröße ist dabei die Lage $\varphi(t)$):

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\begin{bmatrix} i_A(t) \\ \omega(t) \\ \varphi(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_A}{L_A} & -\frac{c_1}{L_A} & 0 \\ \frac{c_2}{2\pi J} & -\frac{c_R}{2\pi J} & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_A(t) \\ \omega(t) \\ \varphi(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_A} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} u_A(t) - \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{2\pi J} \\ 0 \end{bmatrix} M_L(t) . \tag{1}$$

R_A Ankerwiderstand; L_A Ankerinduktivität; J Trägheitsmoment; M_L Lastmoment; c_1, c_2, c_R Konstanten
(1) beschreibt die Strecke vollständig und kann (ohne Last) mit Hilfe der in der Regelungstechnik üblichen Schreibweise wie folgt dargestellt werden (Zustandsraumdarstellung):

$$\dot{\boldsymbol{x}}(t) = \boldsymbol{A}\boldsymbol{x}(t) + \boldsymbol{b}u(t) , \qquad \boldsymbol{x}_0 = \boldsymbol{x}(t = 0) , \qquad y(t) = \boldsymbol{c}^T\boldsymbol{x}(t) . \tag{2}$$

Das Blockschaltbild der Strecke ist im Bild 3 dargestellt.
Die Übertragungsfunktion ist durch

$$G(p) = \left.\frac{Y(p)}{U(p)}\right|_{x_0 = 0} = \boldsymbol{c}^T(p\boldsymbol{E} - \boldsymbol{A})^{-1}\,\boldsymbol{b} \tag{3}$$

definiert, wobei $Y(p)$ und $U(p)$ die Laplace-Transformierten der Ausgangsgröße $y(t)$ und der Eingangsgröße $u(t)$ und E eine Einheitsmatrix geeigneter Dimension sind.

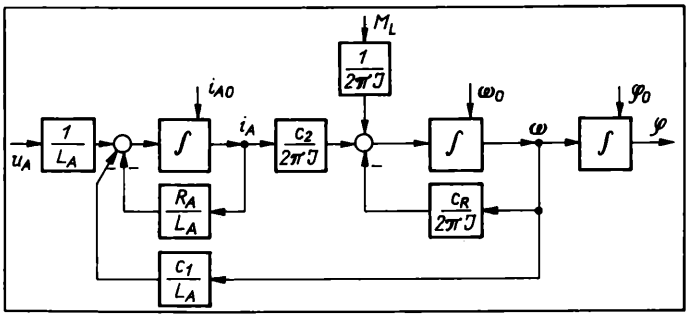


Bild 3. Modell der Strecke im Zeitbereich

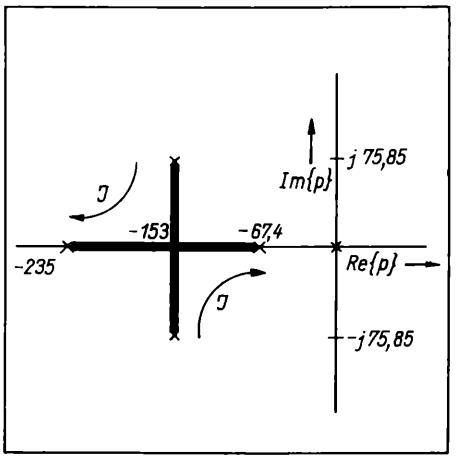


Bild 4. Abhängigkeit der Pole vom Trägheitsmoment

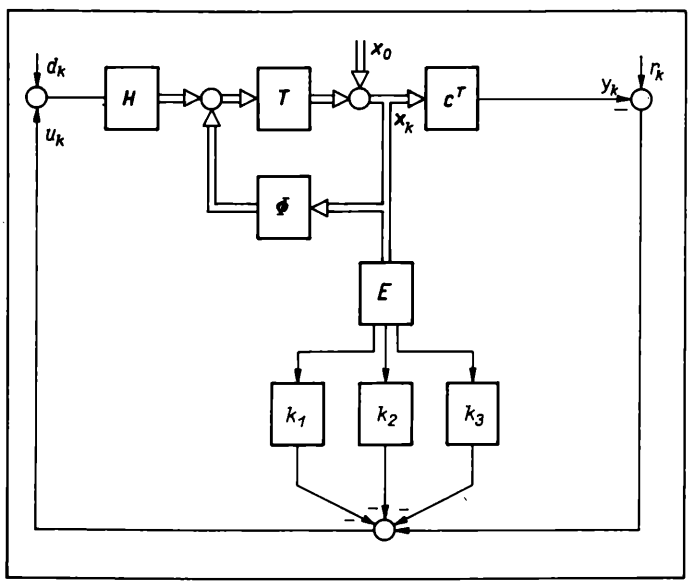


Bild 5. Regelkreis mit Zustandsregler
T Verschiebeoperator

Die Übertragungsfunktion hat die Form

$$G(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{b_1 a_{21}}{p^3 - a_0 p^2 - a_1 p} \tag{4}$$

mit

$$a_0 = a_{11} + a_{22}\,,$$

$$a_1 = a_{12}a_{21} - a_{11}a_{22}\,.$$

Das Trägheitsmoment ist die hauptsächliche Einflußgröße auf die Lage der Streckenpole. Die Streckenpole erhält man aus dem Nennerpolynom der Übertragungsfunktion $G(p)$, das wiederum identisch mit dem charakteristischen Polynom der Systemmatrix A ist:

$$\Delta(p) = \det(pE - A) = p^3 - a_0 p^2 - a_1 p\,. \tag{5}$$

Die Koeffizienten des charakteristischen Polynoms sind:

$$a_0 = a_{11} + a_{22} = -\frac{R_A}{L_A} - \frac{c_R}{2\pi J}\,,$$

$$a_1 = a_{12}a_{21} - a_{11}a_{22} = -\left(\frac{c_1}{L_A}\cdot\frac{c_2}{2\pi J}\right) - \left(\frac{R_A}{L_A}\cdot\frac{c_R}{2\pi J}\right).$$

Bild 4 zeigt als Beispiel die Polverschiebung bei einem Motor vom Typ PMC-70/60 (Dauermagnet-Motor, $P_N = 142$ W) ohne Getriebe. Das Trägheitsmoment wurde von $J = 0{,}31 \cdot 10^{-3}$ kg m^2 (ohne Last) auf $J_L = 0{,}58 \cdot 10^{-3}$ kg m^2 (mit Last) erhöht. Die Strecke wird dabei mit zunehmendem Trägheitsmoment immer langsamer und das konjugiert komplexe Polpaar geht in zwei reelle Pole über. Der Pol im Ursprung ist der charakteristische Pol für integrierendes Verhalten.
Um diese Parameteränderungen zu berücksichtigen, muß ein adaptiver Regler eingesetzt werden, der noch in der Entwicklung ist.
Aus (2) kann, wie in [1] abgeleitet wird, das zeitdiskrete Zustandsmodell

$$\begin{aligned} x_{k+1} &= \Phi(T)\cdot x_k + H(T)\cdot u_k\,, \\ y_k &= c^T \cdot x_k \end{aligned} \tag{6}$$

gewonnen werden.
Die oben genannten Ziele können durch eine lineare Rückführung der Zustandsgrößen, d. h. durch

$$u_k = e_k - k^T x_k \tag{7}$$

$e_k = r_k - y_k$ Regelfehler; $y_k = c^T x_k$ Regelgröße; r_k Führungsgröße; k Rückführvektor

erreicht werden, wenn die Strecke vollständig steuerbar ist. Durch Einsetzen von (7) in (6) erhält man das zustandsgeregelte System (Bild 5):

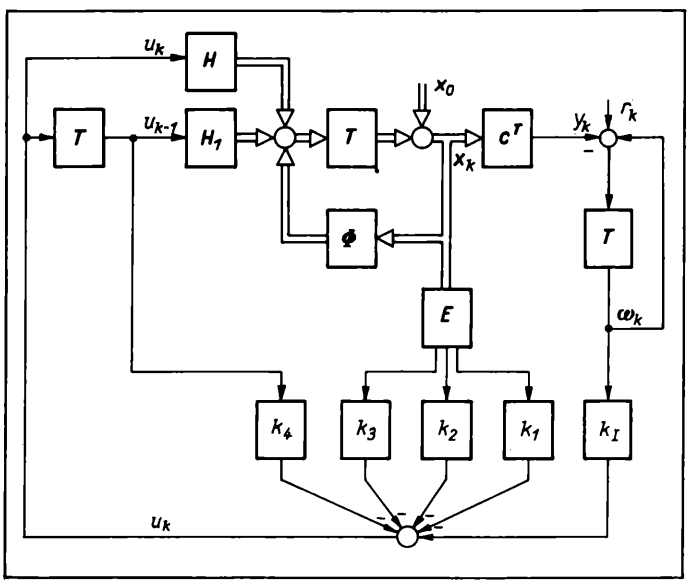
$$x_{k+1} = [\Phi(T) - H(T)\cdot k]\cdot x_k + H(T)\cdot e_k\,. \tag{8}$$

Der Rückführvektor k kann nach verschiedenen Gesichtspunkten festgelegt werden, um vorgegebene Ziele der Regelung zu erreichen. Einmal bietet sich die Optimierung des Reglers nach dem quadratischen Gütekriterium

$$I(u_k) = \frac{1}{2}\sum_{k=0}^{\infty}(x_k^T \cdot R \cdot x_k + p u_k^2)$$

an, bei dem die Zustandsgrößen x_k und die Stellgröße u_k der Strecke quadratisch eingehen.
Eine andere Möglichkeit besteht darin, daß mit einer Zustandsrückführung nach (7) die Dynamik eines linearen Systems unter bestimmten Voraussetzungen beliebig verändert werden kann, was eine Regelkreissynthese durch die sogenannte Polvorgabe ermöglicht.

Bild 6. Regelkreis mit Integralanteil und Totzeitberücksichtigung



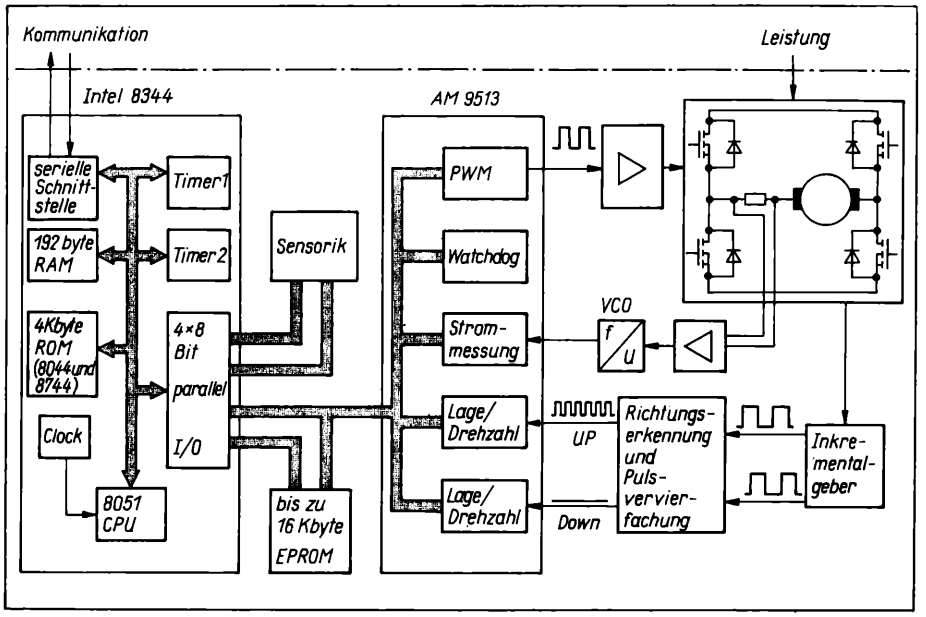


Bild 7. Blockschaltbild des Achsenrechners

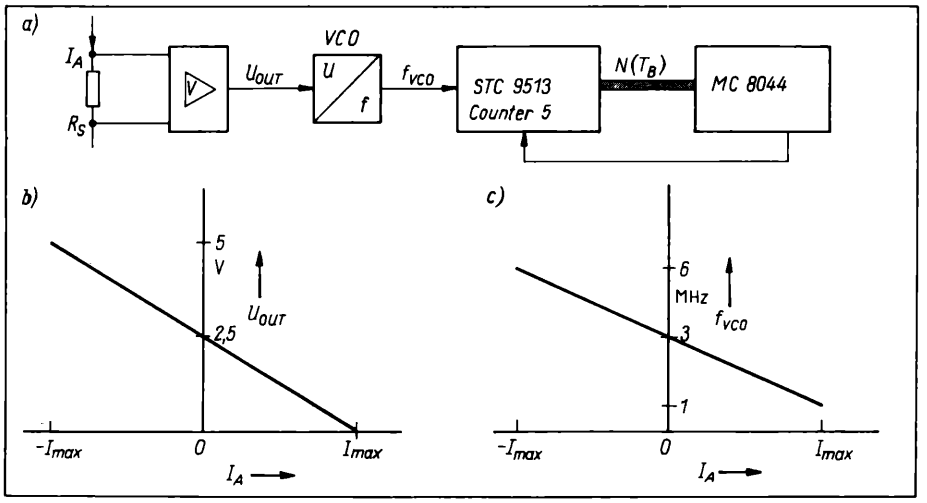


Bild 8. Prinzip der Strommessung
a) Prinzipschaltung; b) Stromwandlerkennlinie; c) VCO-Kennlinie

Diese Methode erfordert die Vorgabe der Koeffizienten bzw. Nullstellen des charakteristischen Polynoms

$$\Delta(z) = \det\{z\boldsymbol{E} - \boldsymbol{\Phi}(T) + \boldsymbol{H}(T) \cdot \boldsymbol{k}\} = \prod_{i=1}^{n} (z - z_i)$$
$$= z^n + \alpha_{n-1} z^{n-1} + \ldots + \alpha_1 z + \alpha_0 ,$$

da Dynamik und Stabilitätsverhalten des Regelkreises durch die Eigenwerte der Systemmatrix bestimmt werden. Damit die Koeffizienten des charakteristischen Polynoms in Abhängigkeit vom Rückführvektor $\boldsymbol{k}$ beliebige Werte annehmen können, ist die vollständige Steuerbarkeit der Strecke notwendig und hinreichend. Die Berechnung des Vektors $\boldsymbol{k}$ für einen Regelkreis mit der Strecke nach (6) (System 3. Ordnung) kann auf einem Digitalrechner leicht durchgeführt werden.

Wie aus (7) ersichtlich, haben Zustandsregler allgemein ein Proportionalreglerverhalten. Das bedeutet, daß der Zustandsregler stoßartige Störungen ausgleichen kann. Bei langanhaltenden Störungen muß aber mit einer bleibenden Regelabweichung gerechnet werden. Diese Regelabweichung kann nur durch einen Integralanteil beseitigt werden.

Beim Aufbau und Test des so entworfenen Reglers wurde festgestellt, daß das dynamische Verhalten noch nicht optimal war. Untersuchungen ergaben, daß durch die Abarbeitung des Regelalgorithmus eine Totzeit entstand, die berücksichtigt werden mußte. Als endgültige Struktur ergab sich der im Bild 6 dargestellte Regelkreis mit Integralanteil (K_I) und Berücksichtigung der Totzeit (K_4).

3. Aufbau der Achsenrechnerkarte

3.1. Hardwareübersicht

Der Achsenrechner stellt das Bindeglied zwischen dem Servoantrieb und dem übergeordneten Leitsystem dar (siehe Bild 2). Im vorliegenden Fall wurde er zusammen mit einem Leistungsteil auf einer Doppel-Europa-Karte aufgebaut (Bild 7). Ist ein größeres Leistungsteil notwendig, das nicht mehr auf eine Europa-Karte paßt, können Leistungs- und Steuerteil auch getrennt aufgebaut werden.

Um den Hardwareaufwand gering zu halten, werden viele Funktionen des Achsenrechners von der Software übernommen. So besteht der AR im wesentlichen nur aus zwei VLSI-Chips, dem 8-bit-Microcontroller (MC) 8344 und dem AM 9513 System Timing Controller (STC), wobei der STC mit seinen fünf 16-bit-Zählern die Erfassung der Zustandsgrößen (Lage, Drehzahl, Strom), die Erzeugung der Stellgröße (PWM) und die Softwareüberwachung (watch-dog) übernimmt. Vom MC werden Aufgaben, wie die Kommunikation mit dem Master, die Verarbeitung der Meßwerte im Sinne einer Regelung (Regelalgorithmus) zu einer Stellgröße, Überwachung der Systemumgebung usw., durchgeführt. Bevor die Funktionsweise des Achsenrechners anhand von Hardware- und Softwarebeschreibung erfolgt, sollen einige Eckdaten des MC und STC erläutert werden.

Der MC 8344 arbeitet mit einem 12-MHz-Systemtakt (CMOS-Version mit 18 MHz) und hat eine Befehlsausführungszeit von 1 µs (etwa 80% des Befehlssatzes) für einfache Befehle, 2 µs für etwas kompliziertere Befehle und 4 µs für 8-bit-Multiplikations- bzw. Divisionsbefehle. Er verfügt neben der CPU 8051 über 196 byte RAM, zwei 16-bit-Timer, eine Interruptlogik sowie eine 4×8-bit-

Parallelschnittstelle. Darüber hinaus besitzt der MC eine intelligente serielle Schnittstelle, die in der Lage ist, selbständig eine Kommunikation nach dem HDLC/SDLC-Protokoll bis maximal 2,4 MBaud abzuwickeln, ohne die CPU zu belasten. Der STC enthält fünf unabhängige 16-bit-Timer/Counter bis maximal 6 MHz Zählfrequenz. Die Funktionen der einzelnen Zähler können auf viele verschiedene Betriebsarten (Vor-, Rück-, Binär- oder BCD-Zähler) programmiert werden. Über den lokalen Datenbus können die Timer während des Zählvorgangs geladen und gelesen werden, wenn ein bestimmtes Timing eingehalten wird. Aus Übersichtlichkeitsgründen wurden im Bild 7 die galvanischen Trennungen durch Optokoppler zwischen Leistungsteil und Rechnerteil sowie zwischen Sensorik und Rechnerteil nicht dargestellt.

3.2. Messung des Stromes

Durch die Ansteuerung des Motors mit einem PWM-Signal ist der Strom recht wellig. Daher ist es sinnvoll, einen integrierenden AD-Wandler, der über eine bzw. mehrere ganzzahlige PWM-Perioden mittelt, zu verwenden.
Konventionelle integrierende Wandler mit Integrationszeitkonstanten um hundert Mikrosekunden sind schwer verfügbar und nur mit großem zusätzlichem Hardwareaufwand in die Schaltung zu übernehmen. Außerdem stellen sie bei der Potentialtrennung zwischen Leistungsteil und Achsenrechner ein Problem dar. Überträgt man die analoge Größe mit einem Optokoppler, so gehen alle Nichtlinearitäten, deren Korrektur schwierig ist, voll ein. Überträgt man jedoch die digitalen Werte, so wird entweder je bit Auflösung ein Optokoppler benötigt, oder eine aufwendige Zeitmultiplexübertragung muß vorgesehen werden.
Der AD-Wandler wurde deshalb mit einem spannungsgesteuerten Oszillator (voltage controlled oscillator, VCO) realisiert (Bild 8). Dieser TTL-Baustein erzeugt eine Frequenz, die proportional zur Eingangsspannung ist. Die Potentialtrennung kann hier einfach dadurch erfolgen, daß die Ausgangsfrequenz des VCO mit einem schnellen Optokoppler (f_T = 10 MHz) übertragen wird.
Anhand von Bild 8 kann die Funktionsweise des Strommeßkreises folgendermaßen zusammengefaßt werden:
Der Ankerstrom I_A wird über einen Shunt R_S gemessen und durch einen Tiefpaß von Störspitzen so befreit, daß die Dynamik der Strommessung nicht eingeschränkt wird. Damit die Ströme in positiver und in negativer Richtung gemessen werden können, wird innerhalb einer Addierschaltung eine Offsetspannung so hinzuaddiert, daß die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers (U_{OUT}) für die Ströme $\pm I_{max}$ zwischen 0 und 5 V liegt. Diese Spannung setzt der VCO in eine proportionale Frequenz (f_{VCO} = 1 ... 6 MHz) um. Der Counter 5 des STC führt die AD-Wandlung aus, indem er die Impulse über eine feste Zeit T_B zählt. Der Zählerinhalt wird zu gegebenen Zeiten (durch Interrupt-Steuerung) vom MC über den lokalen Datenbus gelesen.

3.3. Messung von Lage und Drehzahl

Der im Bild 7 angegebene Inkrementalgeber ist mit der Motorachse verbunden. Die optoelektronische Abtastung der Codierscheibe liefert zwei um 90° elektrisch versetzte Rechtecksignale mit je 2500 Impulsen je Umdrehung. Diese Signale werden in einer PAL (programmable array logic) so weiterverarbeitet, daß durch Flankenauswertung eine Frequenzvervierfachung und eine Richtungserkennung stattfindet. Je nach Drehrichtung steuern die so aufbereiteten Signale entweder einen der als Vorwärtszähler (UP) oder als Rückwärtszähler (DOWN) programmierten zwei Zähler des STC an. Dabei werden je Umdrehung des Motors 10000 Impulse gezählt. Durch Addition der beiden Zählergebnisse errechnet der Prozessor die Lageänderung $\Delta\varphi$ während eines Abtastintervalls.
Der Lageistwert kann zur gleichzeitigen Bestimmung der Drehzahl benutzt werden. Es gilt für den Zusammenhang zwischen der Lage $\varphi(t)$ und der Drehzahl $n(t)$ die Beziehung

$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega(t) = 2\pi \cdot n(t) . \tag{9}$$

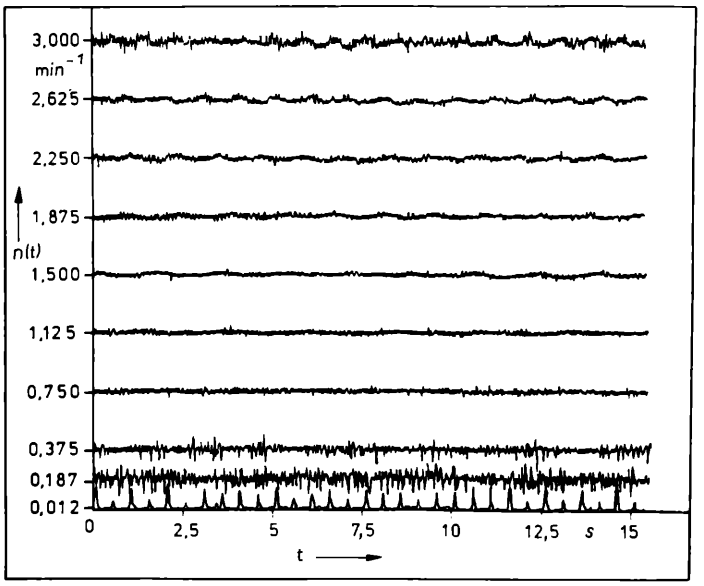


Bild 9. Meßergebnisse bei ausgewählten untersten Drehzahlen

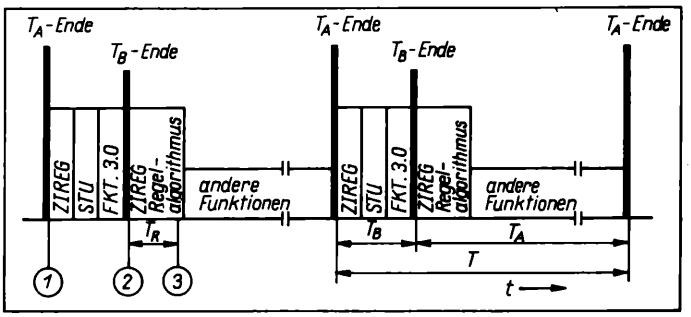


Bild 10. Timing des Achsenrechners
Abtastzeit T = 2000 µs

Zur Ableitung des Drehzahlwertes aus dem gemessenen Lageistwert kann dieser Differentialquotient im Rechner durch den Differenzenquotienten

$$n(t) \approx n_k = \frac{\varphi_k - \varphi_{k-1}}{2\pi \cdot T} \tag{10}$$

angenähert werden (n_k ist die berechnete Drehzahl).
Aufgrund der Abtastzeit von 2 ms und der damit verbundenen Übertragung nur einzelner Stromimpulse bei sehr niedrigen Drehzahlen kann ein Schrittmotorverhalten im untersten Drehzahlbereich entstehen. Genauere Untersuchungen und Messungen, die im Bild 9 wiedergegeben sind, zeigen, daß von einem Schrittmotorverhalten bei dem eingesetzten Motor PMC-70/60, der eine mechanische Zeitkonstante von 16 ms hat, erst unterhalb von etwa 0,1 min^{-1} gesprochen werden kann.

3.4. Pulsbreitenmodulation

Der eingesetzte Vier-Quadranten-Transistorsteller enthält, um die Schaltung möglichst klein zu halten, eine Taktfrequenz oberhalb des Hörbereichs, und um niedrige Schaltverluste zu ermöglichen, Leistungs-MOSFETs (SIPMOS BUZ 211 (500 V, 10 A) bzw. SIPMOS BUZ 382 (400 V, 12,5 A)). Für die Taktfrequenz hat sich als guter Kompromiß zwischen den verschiedenen Anforderungen an die Pulsbreitenmodulation eine Frequenz von 23 kHz erwiesen.

4. Timing des Achsenrechners

Das Timing des Achsenrechners ist im Bild 10 angegeben. Die Abtastzeit beträgt 2 ms und teilt sich in 2 Abschnitte T_A = 1,875 ms und T_B = 0,125 ms auf. Zum Zeitpunkt 1 starten die Meßwerterfassung (ZIREG) und die ebenfalls implementierte Stromüberwachung (STU). Zum Zeitpunkt 2 startet der Regelalgorithmus mit den gemessenen Werten, der zum Zeitpunkt 3 nach der Rechenzeit T_R = 0,15 ms die Stellgröße ausgibt. Die restliche Zeit ist für andere Funktionen, wie Datenübertragung usw., frei, sie könnte

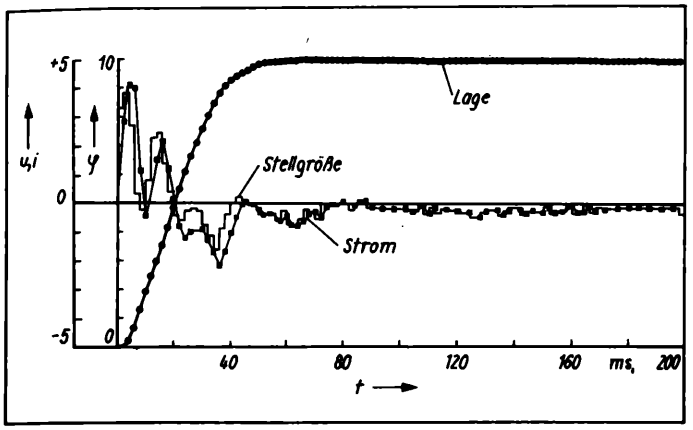


Bild 11. Sprungantwort des Servomotors
Sollwert: 1000 Inkremente; Darstellungsmaßstäbe: Lage 100 Inkremente je Einheit, Stellgröße 12 V je Einheit, Strom 2 A je Einheit

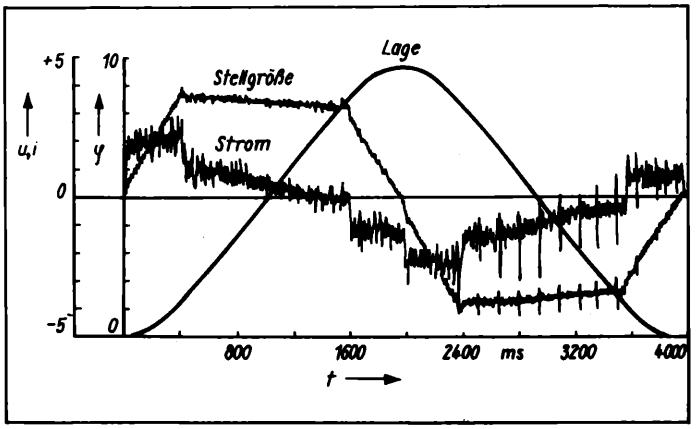


Bild 12. Hin- und Rückbewegung eines Roboterarmes
Darstellungsmaßstäbe: Lage 40000 Inkremente je Einheit, Stellgröße 12 V je Einheit, Strom 2 A je Einheit

notfalls gekürzt werden. Die endliche Zeit von 0,275 ms zwischen Abtastzeitbeginn und Stellgrößenausgabe führte dazu, daß, wie oben erwähnt, eine Totzeit in den Regelalgorithmus einbezogen werden mußte.

5. Ergebnisse

Stellvertretend für die zahlreichen Untersuchungen, u. a. über die Parameterempfindlichkeit des Zustandsreglers, werden 2 Diagramme dargestellt: ein Lagesollwertsprung eines Servomotors im Bild 11 und eine Lagerampenfunktion an einem Rotor, d. h. eine Hin- und Rückbewegung eines Rotorarmes, im Bild 12. Beide Bilder zeigen die hohe Dynamik des Zustandsreglers. Das Einlaufen in den Lagesollwert im Bild 11 erfolgt schnell, mit maximaler Beschleunigung und ohne Überschwingen. Die Hin- und Rückbewegung verläuft mit praktisch konstanter Geschwindigkeit, außer an den Eckpunkten, obwohl aufgrund des unsymmetrischen Getriebeverhaltens bei der Hin- und Rückbewegung z. T. stark unterschiedliche Stromwerte, an den Stromspitzen zu erkennen, auftreten.

Zusammenfassung

Die Meßergebnisse haben gezeigt, daß ein Achsenrechner für einen Servomotor mit den angegebenen Anforderungen rein digital aufgebaut werden kann. Dabei hat sich außerdem der Zustandsregler als sehr geeignet erwiesen. Die konsequente Weiterentwicklung dieser Techniken wird zum „intelligenten Motor" führen, der nur noch einen Steuerchip und ein Leistungsmodul zur Erfüllung aller Servoantriebsanforderungen braucht.

Literatur

[1] Cevik, M. K.: Ein Beitrag zur vollständig digitalen Lageregelung von Servoantrieben ohne Tachogenerator am Beispiel eines Industrieroboters mit verteilter Intelligenz. Dissertation, TU Berlin (West) 1987.

msr 8868

A. Brykalski, J. Sell

Zur Meßautomatisierung in Fernheizungsobjekten

0. Einführung

Im Beitrag werden die Ergebnisse von Arbeiten [1], die in den Jahren von 1982 bis 1985 an der TU Szczecin und im Wojewodschaftsbetrieb für die Wärmeenergetik in Szczecin im Auftrag des Forschungs- und Entwicklungszentrums für Fernheizung in Warschau durchgeführt wurden, dargestellt.
Die Forschungen galten sowohl der Identifizierung einiger Fernheizungsobjekte als auch der Automatisierung der Verteilung und des Verbrauchs von Wärmeenergie.
Der Entwurf von automatisch gesteuerten Fernheizungssystemen fordert die Durchführung einer Reihe von Meßexperimenten, die mit der Registrierung vieler zeitabhängiger Meßwerte verbunden sind.
Die Registrierung einiger Verläufe (z. B. der Temperatur, der Durchflußmenge oder des Druckes) wurde in einigen speziell adaptierten und in den Wohnblockskellern verlegten Fernheizungsknoten durchgeführt. Diese Forschungsknoten wurden zuerst mit einer Reihe von 6- und 12kanaligen Analogschreibgeräten MK[1] ausgestattet.

Die grafische Form der registrierten Verläufe gestattet es, die einleitende visuelle Analyse durchzuführen. Sie war jedoch im Falle der weiteren Auswertung mit Hilfe der Rechentechnik kaum nützlich. Die Aufbereitung einer beträchtlichen Anzahl der gewonnenen Meßdaten und deren Abspeicherung in der EDV-Anlage bildete eine sehr schwierige und arbeitsaufwendige Aufgabe.
Im Jahre 1985 wurden drei Forschungsknoten in Szczecin mit den automatischen Meßsystemen ASP (Bild 1), die eine binäre Registrierung der Daten in 31 Meßkanälen gestatten, ausgerüstet.
Im Institut für Wasserbau der TU Szczecin wurde früher ein Gerät verwendet, daß denen in den Fernheizungssystemen der VR Polen ähnlich ist.

[1] Motorkompensator Typ MK vom VEB Meßgerätewerk „Erich Weinert" Magdeburg, Betrieb des Kombinats VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin-Treptow „Friedrich Ebert"

Dr.-Ing. Andrzej Brykalski (32) studierte Theoretische Elektrotechnik (Nebenfach: Automatisierungstechnik) an der TU Szczecin/VR Polen und promovierte dort 1983. Seit 1979 am Institut für Elektronik und Informatik der TU Szczecin als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig. Von 1983 bis 1984 als Software-Ingenieur im Rechenzentrum des Instituts für Mathematische Maschinen Warschau.

Dipl.-Ing. Jacek Sell (37) studierte Industrielle Elektrotechnik und Automatisierungstechnik an der TU Szczecin/VR Polen. Von 1972 bis 1978 Projektingenieur in der Sektion Meßtechnik der TU Szczecin. Seit 1978 im Wojewodschaftsbetrieb für Wärmeenergetik Szczecin Sektionsleiter für Forschungen und Überleitungen.

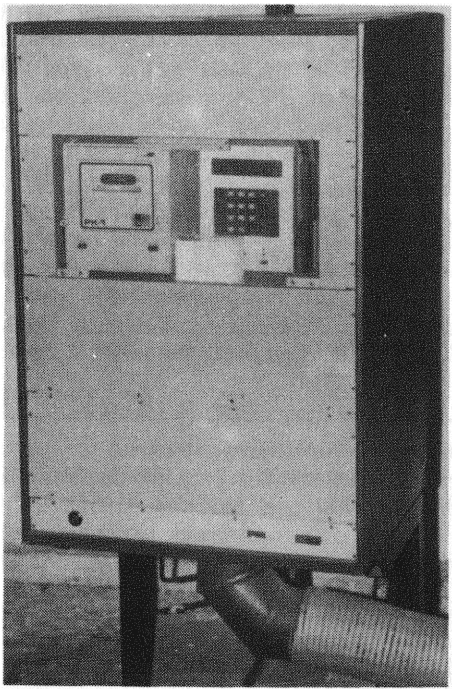


Bild 1. Automatisches Meß- und Registrierungssystem ASP

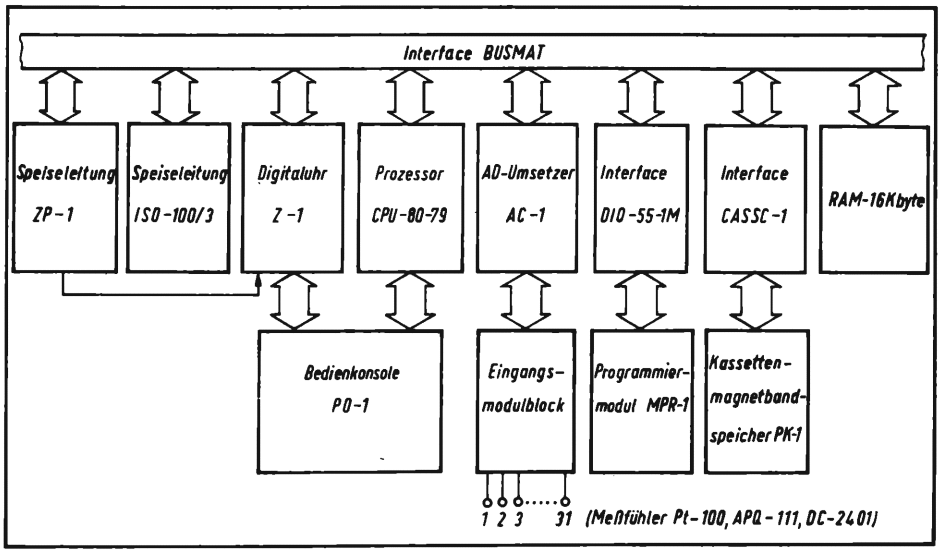


Bild 2. Übersichtsschaltplan des Meß- und Registrierungssystems ASP

Dieses am Ende der siebziger Jahre gebaute Meß- und Registrierungssystem umfaßte u. a. folgende Geräte der Fa. *Hewlett-Packard* [2]:

- programmierbarer Rechner HP 9820 mit einem Hauptspeicher von 3,4 Kbit
- Kassettenmagnetbandspeicher HP 9865 A
- automatisches Zeichengerät HP 9862 A

sowie einen Rasterdrucker DZM-180.
Dieses System wurde zur automatischen Registrierung von 27 Meßwerten vorgesehen. Aufgrund des relativ kleinen Operationsspeichers verfügte es über nur geringe Softwaremöglichkeiten und eine lange Datenverarbeitungszeit. Die binäre Registrierung mit Hilfe des in diesem Beitrag dargestellten Systems ASP [3] wird mit Hilfe von Kassettenmagnetbandspeichern durchgeführt. Rechentechnische Basis ist der Kleinrechner SM-4.

1. Technische Daten des Meßsystems ASP

Das automatische Meßsystem ASP ist für die Registrierung der Meßwerte in den Fernheizungsknoten bestimmt. Die binäre Messung und die Aufzeichnung der bis zu max. 31 Analogsignale ist durch die Verwendung eines Mikroprozessorsteuerungssystems sichergestellt. Die auf dem Kassettenmagnetband aufgenommenen Binärdaten werden nach der Rechnerwiedergabe durch die Programme des Software-Pakets analysiert.
Das System ASP kann mit dem Durchflußwandler EC[2)] (I_{Aus} = 20 mA) zusammenarbeiten. Das Meßsystem sichert eine Messung des Durchlaufmittelwertes für den Zeitbereich von 15 s und einen Meßfehler von 2%. Die Verwendung des Wandlers EC 2401 oder EC 2402, I_{Aus} = 20 mA, gestattet es, die Momentanwerte des Druckes zu messen. Die Temperaturmomentanwerte werden nach dem Anschluß des Widerstandsthermometers Pt100 gewonnen. Die Meßfehler lauten dementsprechend 2% und 0,5 K.
Die Periode der zeitlichen Abtastung kann für jeden Kanal unabhängig programmiert werden. Der Operator des Systems kann über Zeitperioden 15 s, 30 s, 1 min, 2 min, 5 min, 10 min, 15 min, 30 min und 60 min verfügen.
Die Meßzeit beträgt 2 ms. Als Datenträger wird ein standardisiertes binäres Kassettenmagnetband, z. B. Compussette II des Typs BASF, verwendet.
Mit dem System ASP lassen sich folgende Aufgaben realisieren:

- automatische Registrierung der gesammelten Meßwerte, zusammen mit dem aktuellen Datum und der Zeit (die Digitaluhr wird auch bei Netzausfall gespeist)
- automatische Driftkompensation im AD-Umsetzer
- Eingangssignalwertanzeige
- Ablesen des Datums und der Zeit aus der Systemuhr
- System setzt die beim Netzausfall unterbrochene Registrierung fort, sobald Netzspannung wieder anliegt.

Gefordert wird die einphasige Netzspeisung 220 V/50 Hz. Die räumlichen Abmessungen des Systems ASP betragen (460 × 550 × 800) mm³. Durch die am Bedienpult angebrachten Funktionstasten kann sich der Operator des Gerätes mit der Anzeige verbinden. Es werden auf dem Display die Meßergebnisse, die Zeit, das Datum und auch die eventuellen Störungen und die Betriebszustände angezeigt.

2. Arbeitsprinzip des Meßsystems

Das automatische Meßsystem ASP besteht aus einer Reihe von Funktionsblöcken, die mit Hilfe des BUSMAT-Interface angeschlossen werden (Bild 2). Die Grundbestandteile des Systems sind die CPU 80-79 und die RAM-Speicher.
Die Arbeit des ASP-Systems wird durch das im EPROM gespeicherte Steuerungsprogramm kontrolliert. Die übrigen Blöcke dienen zur Durchführung der Meß- und Registrierungsoperationen. Alle Analogsignale werden im Eingangsmodulblock auf die Spannungssignale (−5 ... +5 V) transformiert und dann, nach der Kommutation im Block AC-1, in die digitale Form umgesetzt. Die Kommutation und die Kanalwahl werden vom Prozessor gesteuert. Die Meßergebnisse werden periodisch im RAM-Speicher gesammelt, und erst nach einem Zeitraum von etwa 7 bis 9 Minuten wird der ganze Datenblock auf dem Magnetband abgespeichert. Das Gerät wird mit der Kassettenspeichereinheit über das CASSC-1-Interface verbunden. Das Bedienpult PO-1 und der Programmierblock MPR-1 dienen zur laufenden Kommunikation zwischen dem Operator des Gerätes und dem System sowie zur Programmierung der unabhängig ausgewählten zeitlichen Abtastungen.
Die Netzteile ISO-100/3 und ZP-1 liefern alle notwendigen Spannungen für die Systemanlagen.

3. Softwarepaket zur Verarbeitung von registrierten Meßdaten, Anwendungsprogramme

Zur elektronischen Datenverarbeitung mit dem Rechner SM-4 wird mindestens folgende Konfiguration benötigt:

[2)] Elektrische Druck- und Differenzdruckmeßumformer DC, EC, GC vom VEB Geräte- und Reglerwerke „Wilhelm Pieck" Teltow, Betrieb des VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau

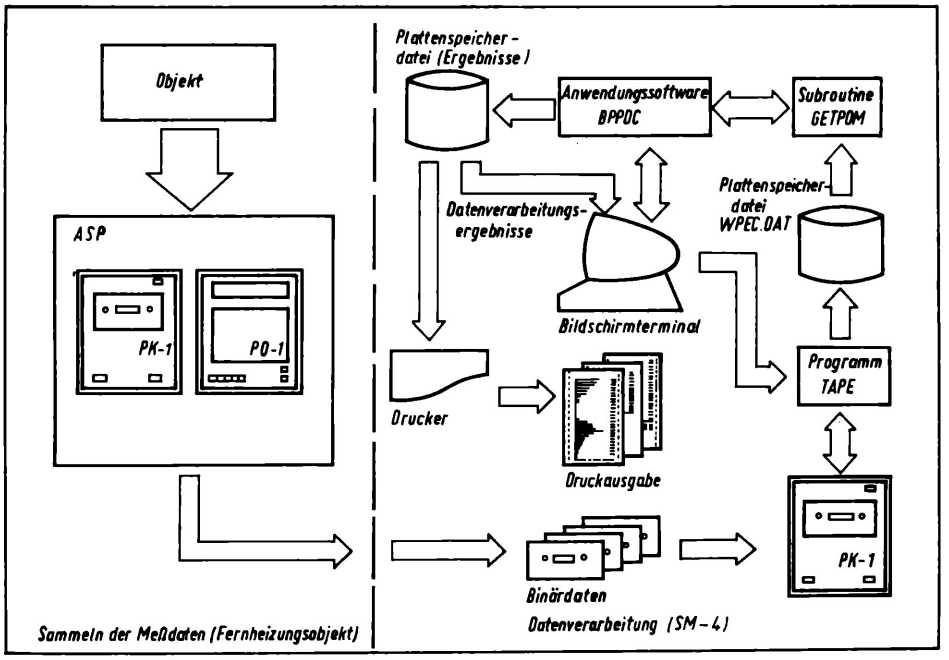


Bild 3. Der Prozeß der Gewinnung und Verarbeitung gemessener Daten

— Minicomputer mit Operativspeicher von 128 Kbyte
— Plattenspeicher mit direktem Zugriff zur Datei
— Kassettenmagnetbandspeicher
— Drucker.

Das erarbeitete Softwarepaket BPPDC ermöglicht leistungsfähig die Verarbeitung der registrierten Meßdaten. Das Paket enthält 12 Anwendungssubroutinen und einige Hilfsprogramme. Es kann auch problemlos auf einem anderen Computer angewendet werden, sofern dieser über einen FORTRAN-Compiler verfügt.
Das Softwarepaket gestattet u. a.:

— die Gewinnung aller Informationen aus den auf dem Magnetband aufgenommenen Binärdaten
  Man kann eine beliebige Dateiversion auswählen.
— eine tabellenförmige Darstellung der Meßergebnisse in beliebig ausgewählten aktiven Kanälen
— die graphische Darstellung der Meßergebnisse
— die Auswertung der Wärmeleistungsbilanz und die Darstellung in graphischer Form
— die Bestimmung der Momentan-, Extrem- und Mittelwerte
— die Bestimmung des Energieaufwands in bestimmten Elementen des Fernheizungsobjektes und des Wasserverbrauchs.

Das Dialogsystem mit dem Rechner gestattet es, bei der Analyse einen beliebigen Zeitabschnitt auszuwählen. Die Verarbeitungsergebnisse werden mit einer beliebigen Frequenz gewonnen und sind von der Periode der zeitlichen Abtastung unabhängig. Diese unabhängige Frequenz gewinnt man entweder durch die Anwendung der linearen Interpolation oder durch die Bestimmung entsprechender Mittelwerte.
Das Programmpaket BPPDC ermöglicht eine ständige Systemüberwachung und die Signalisierung verschiedener Betriebszustände. Der Prozeß der Gewinnung und der Verarbeitung der gemessenen Daten ist im Bild 3 dargestellt.

Zusammenfassung

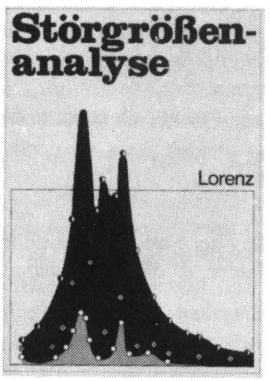
Im Beitrag wird das an der TU Szczecin entwickelte System zur automatischen Registrierung und Verarbeitung von an Fernheizungsobjekten gewonnenen Meßdaten dargestellt. Das System wird z. Z. zur Identifizierung von Fernheizungsobjekten, von Automatisierungsanlagen und auch von technologischen Anordnungen in Fernheizungsknoten verwendet.
Im Vergleich zu den traditionellen Meßmethoden ermöglicht das System eine schnellere Gewinnung und leistungsfähigere Verarbeitung der Ergebnisse der Experimente.

Literatur

[1] Sammelwerk: Automatisierung der Verteilung und des Verbrauches von Wärmeenergie in Serien-Parallel-Fernheizungsknoten und in Gewächshäusern der Fernheizungsmagistrale Dn 800 in Szczecin (Zautomatyzowanie rozdziału i użytkowania ciepła w węzłach cieplnych szeregowo-równoległych c.o. i c.w. oraz w szklarniach magistrali ciepłowniczej Dn 800 w Szczcinie). Durchgeführt in den Jahren 1982 bis 1985 an der TU Szczecin und WPEC Szczecin im Auftrag der OBRC in Warschau im Rahmen des Regierungsprogramms PR-8.
[2] Cieślukowski, R.; Ruciński, W.: Meßautomatisierung in Fernheizungsobjekten (Automatyzacja pomiarów w obiektach ciepłowniczych) COW 4 (1979), S. 85—87.
[3] Sammelwerk: Universalsystem zur automatischen Registrierung und Verarbeitung von Fernheizungsdaten (Uniwersalny system do automatycznej rejestracji i przetwarzania danych ciepłowniczych). Durchgeführt im SAP der TU Szczecin im Auftrag des WPEC Szczecin. Szczecin, Juni 1985. msr 8719

Im Fachbuchhandel erhältlich

Störgrößenanalyse



Von Doz. Dr. sc. techn. Gerald Lorenz. 152 Seiten, 61 Bilder, 11 Tafeln, Kunstleder, DDR 15,50 M, Ausland 22,— DM. Bestellangaben: 553 472 7/ Lorenz, Störgrößen

Der Schwerpunkt dieses Buches liegt in der Nutzung der Erkenntnisse aus der Störgrößenanalyse für den Entwurf und die Dimensionierung von Strukturen der automatischen Steuerung verfahrenstechnischer Prozesse. Vermittelt wird ein methodisches Konzept für die Erarbeitung der Aufgabenstellungen der Störgrößenanalyse und ihre Durchführung.

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

H. Zietz

Verallgemeinerte Diagonaldominanz — Grundlagen und Anwendung

0. Einleitung

Bei der Analyse und Synthese von Mehrgrößenregelungen steigt der Aufwand mit der Zahl der Regelgrößen überproportional stark an, so daß er bei größeren Systemen sinnvolle Grenzen überschreitet. Einen Ausweg bietet die Zerlegung des Gesamtsystems in beherrschbare Subsysteme (Dekomposition), wenn die Koppelverhältnisse einen solchen Schritt zulassen. Dekomposition setzt somit eine Kopplungsanalyse voraus.
Der einfachste Fall der Dekomposition liegt vor, wenn die Mehrgrößenregelung strukturell zerlegbar ist, d. h. wenn eine Dekomposition in Subsysteme möglich ist, deren charakteristische Polynome unabhängig voneinander sind. Die strukturelle Zerlegbarkeit ist relativ einfach und in einem frühen Stadium der Projektierung nachzuweisen [1]. Durch diese Bedingungen wird aber nur ein Bruchteil aller Dekompositionsmöglichkeiten erfaßt.
Häufiger realisierbar ist die Dekomposition in Subsysteme, deren charakteristische Polynome nicht unabhängig voneinander sind, aber deren gegenseitige Abhängigkeit unter einer bestimmten Grenze bleibt, so daß eine dezentrale Stabilisierung und ein dezentraler Reglerentwurf möglich sind. Diese Grenze ist im Frequenzbereich die Diagonaldominanz der entsprechenden Übertragungsfunktionsmatrizen. Bekannt sind die Zeilen- und Spaltendiagonaldominanz.
In diesem Beitrag werden die Grundlagen einer verallgemeinerten Diagonaldominanz dargelegt, die die Klasse der diagonaldominanten Systeme erheblich erweitert und die Basis eines systematischen Verfahrens für optimale Entkopplung liefert [5].

1. Voraussetzungen und grundlegende Beziehungen

Im Bild 1 ist die Struktur, die der Betrachtung zugrunde liegt, dargestellt. Es werden strukturell nicht zerlegbare lineare Mehrgrößenstrecken [1] vorausgesetzt, die im Frequenzbereich durch Übertragungsfunktionsmatrizen (ÜFM) $S(p)$ wie folgt beschrieben werden:

$$x'(p) = S(p)\, u(p)\,, \tag{1}$$

$$S(p) = (S_{ik}(p))\,, \qquad i,k = 1(1)m\,. \tag{2}$$

Als Mehrgrößenregler wird eine diagonale Regler-ÜFM $R(p)$ angenommen:

$$u(p) = R(p)\,(w(p) - x(p))\,, \tag{3}$$

$$R(p) = \operatorname{diag}(R_k(p))\,, \qquad k = 1(1)\,m\,. \tag{4}$$

Für das geregelte System ergibt sich nach Bild 1 für Führung bzw. Störung

$$e(p) = (I + F_0(p))^{-1}\, w(p)\,, \tag{5}$$

$$x(p) = (I + F_0(p))^{-1}\, z_a(p)\,, \tag{6}$$

$$F_0(p) = S(p)\, R(p)\,, \tag{7}$$

$$F(p) = I + F_0(p)\,. \tag{8}$$

z_a stellt dabei den Vektor der am Ausgang der Strecke angreifenden Störgrößen, e den Vektor der Regelfehler, I die Einheitsmatrix und F die Rückführdifferenzmatrix dar.

Über die Stabilität der Mehrgrößenregelung im Frequenzbereich gibt die Determinante der Rückführdifferenzmatrix

$$\det F(p) = P_g(p)/P_0(p) \tag{9}$$

Auskunft [2] und [3].
Dabei stellt $P_g(p)$ das charakteristische Polynom des geschlossenen Systems und $P_0(p)$ das charakteristische Polynom des offenen Systems dar.
Für die Stabilität des geschlossenen Systems ist notwendig und hinreichend, daß $P_g(p)$ keine Nullstellen in der rechten Halbebene hat. Wenn das offene System n_0 Pole in der rechten Halbebene aufweist, folgt aus dem Argumentprinzip für $p = j\omega$ (Vorgabe eines Halbkreises mit im Grenzfall unendlichem Radius, der die rechte Halbebene umfaßt)

Satz 1:
Eine Mehrgrößenregelung ist stabil, wenn die Ortskurve $\det F(j\omega)$ für $-\infty < \omega < +\infty$ den Ursprung der komplexen Ebene n_F-mal gemäß

$$n_F = -n_0 \tag{10}$$

im Uhrzeigersinn umfaßt.

2. Analyse der Kopplung

2.1. Koppelfunktion der Mehrgrößenstrecke und Mehrgrößenregelung

Zur Analyse der Kopplung wird die ÜFM der Mehrgrößenstrecke S in die Diagonalmatrix S_d, die nur die Hauptstrecken S_{kk} enthält, und die Koppelmatrix S_k, die nur Koppelstrecken S_{ik}, $i \neq k$, aufweist, aufgeteilt:

$$S_d(p) = \operatorname{diag}(S_{kk}(p))\,, \qquad k = 1(1)\,m\,, \tag{11}$$

$$S_k(p) = S(p) - S_d(p)\,. \tag{12}$$

Für die quantitative Einschätzung der Kopplung ist es zweckmäßig, die Streckenmatrix auf die Diagonalmatrix zu beziehen (vgl. Abschn. 2.2.):

$$S'(p) = S(p)\, S_d^{-1}(p) = I + S'_k(p)\,, \tag{13}$$

$$S'_k(p) = S_k(p)\, S_d^{-1}(p)\,. \tag{14}$$

Nach (13) spiegelt $S'(p)$ den Einfluß der Kopplung bei Bezug auf die Elemente der Einheitsmatrix als Hauptdiagonalelemente wider. Aus

$$\det S'(p) = 1 + C_n(p) \tag{15}$$

leitet sich die allgemeine Koppelfunktion $C_n(p)$ der Mehrgrößenstrecke ab [4] und [5].
$C_n(p)$ stellt die Verallgemeinerung der bekannten Koppelfunktion der Zweigrößenstrecke $C(p) = S_{12}(p)\, S_{21}(p)/(S_{11}(p)\, S_{22}(p))$ dar, wobei hier aus Zweckmäßigkeit ein negatives Vorzeichen gewählt wurde ($C_n(p) = -C(p)$). Durch Bezug auf die Diagonalmatrix sind $C(p)$ und $C_n(p)$ dimensionslos und der Betrag 1 stellt eine markante Grenze für den Übergang in den Bereich dar, in dem wesentliche Koppeleinflüsse auftreten können [5].
Analog wird von der Rückführdifferenzmatrix $F(p)$ die Koppelfunktion der Mehrgrößenregelung $F_{co}(p)$ abgeleitet [4] und [5]:

$$F_d(p) = I + S_d(p)\, R(p) = \operatorname{diag}(1 + S_{kk}(p)\, R_k(p))\,,$$
$$k = 1(1)m\,, \tag{16}$$

$$F'(p) = F(p)\, F_d^{-1}(p) = I + S'_k(p)\, F_{wd}(p)\,, \tag{17}$$

$$F_{wd}(p) = \operatorname{diag}[S_{kk}(p)\, R_k(p)/(1 + S_{kk}(p)\, R_k(p))]\,,$$
$$k = 1(1)m\,, \tag{18}$$

$$\det F'(p) = 1 + F_{co}(p)\,. \tag{19}$$

Doz. Dr. sc. techn. HELMUT ZIETZ (54) studierte von 1953 bis 1959 an der TH Ilmenau Theoretische Elektrotechnik mit den Nebenfächern Regelungstechnik und Hochfrequenztechnik. Von 1959 bis 1962 Entwicklungsingenieur für elektrische und elektronische Meß- und Regelgeräte im VEB Meßgerätewerk Quedlinburg. Anschließend bis 1970 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Meß-, Steuer- und Regelungstechnik der TH Magdeburg. 1970 Promotion A. 1971 Berufung zum Hochschuldozenten für Automatisierungstechnik an der IH (jetzt TH) Wismar. 1985 Promotion B.

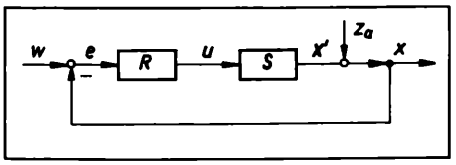


Bild 1. Mehrgrößenregelung

Der Zusammenhang zwischen $C_n(p)$ und $F_{co}(p)$, der durch (13), (15), (17) und (19) bestimmt ist, soll am folgenden Beispiel veranschaulicht werden:

$$\boldsymbol{S} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & 0 \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} \\ S_{31} & 0 & S_{33} \end{bmatrix}, \tag{20}$$

$$\boldsymbol{R} = \begin{bmatrix} R_1 & 0 & 0 \\ 0 & R_2 & 0 \\ 0 & 0 & R_3 \end{bmatrix}, \tag{21}$$

$$\boldsymbol{F} = \begin{bmatrix} 1 + S_{11}R_1 & S_{12}R_2 & 0 \\ S_{21}R_1 & 1 + S_{22}R_2 & S_{23}R_3 \\ S_{31}R_1 & 0 & 1 + S_{33}R_3 \end{bmatrix}. \tag{22}$$

Abkürzend wurde das Argument p weggelassen.
Für die Koppelfunktionen $C_n(p)$ und $F_{co}(p)$ ergeben sich

$$C_n(p) = -S'_{12}S'_{21} + S'_{12}S'_{23}S'_{31}, \qquad S'_{ik} = S_{ik}/S_{kk}, \tag{23}$$

$$F_{co}(p) = -S'_{12}S'_{21}F_{w1}F_{w2} + S'_{12}S'_{23}S'_{31}F_{w1}F_{w2}F_{w3}. \tag{24}$$

Für $m > 2$ bestehen die Koppelfunktionen $C_n(p)$ und $F_{co}(p)$ aus mehreren Summanden mit unterschiedlichem Vorzeichen, wobei jedem Element S'_{ik} in $C_n(p)$ ein Element $S'_{ik}F_{wk}$ in $F_{co}(p)$ zugeordnet ist. F_{wk} stellt dabei gemäß (18) die Führungsübertragungsfunktion der k-ten Eingrößenregelung dar.

2.2. Einfluß der Kopplung auf die Stabilität der Mehrgrößenregelung

Mit Hilfe der Koppelfunktion $F_{co}(p)$ läßt sich der Einfluß der Kopplung auf die Stabilität übersichtlich darstellen. Aus (16), (17) und (19) ergibt sich

$$\det \boldsymbol{F}(j\omega) = \det \boldsymbol{F}'(j\omega) \det \boldsymbol{F}_d(j\omega) =$$

$$= (1 + F_{co}(j\omega)) \prod_{k=1}^{m} (1 + S_{kk}(j\omega)\, R_k(j\omega)). \tag{25}$$

Aus der Addition der Phasenwinkel der komplexen Faktoren $\det \boldsymbol{F}'(j\omega)$ und $\det \boldsymbol{F}_d(j\omega)$ folgt mit (10)

$$n_F = n_{F'} + \Sigma n_k = -n_0, \qquad k = 1(1)m. \tag{26}$$

Dabei beschreibt $n_{F'}$ die Anzahl der Umschlingungen des Koordinatenursprungs durch die Ortskurve $\det \boldsymbol{F}'(j\omega)$ bzw. des kritischen Punktes $-1 + j0$ durch die Ortskurve $F_{co}(j\omega)$ und n_k die Anzahl der Umschlingungen des kritischen Punktes $-1 + j0$ durch die Ortskurve $S_{kk}(j\omega)\, R_k(j\omega)$ für $-\infty < \omega < +\infty$.
$S_{kk}(j\omega)\, R_k(j\omega)$, $k = 1(1)m$, stellen die m Übertragungsfunktionen der aufgeschnittenen Eingrößenregelungen des ungekoppelten Systems dar. $F_{co}(j\omega)$ kann man als die Übertragungsfunktion eines aufgeschnittenen Ersatzregelkreises betrachten, in der alle Koppelwirkungen zusammengefaßt sind.
Offensichtlich fällt der Einfluß der Kopplung aus der Bilanz (26) heraus, d. h., es gilt $n_{F'} = 0$, wenn für $0 \leqq \omega < \infty$ $|F_{co}(j\omega)| < 1$ ist. Für die Dekomposition in Eingrößensysteme muß $n_{F'} = 0$ auch für alle möglichen Mehrgrößensubsysteme erfüllt sein, wenn ein oder mehrere Eingrößenregelkreise geöffnet werden. Bekannte hinreichende Bedingungen sind die Zeilen- und Spaltendiagonaldominanz nach ROSENBROCK, die für eine beliebige quadratische ÜFM $\boldsymbol{G}(j\omega) = (G_{ik}(j\omega))$, $i, k = 1(1)m$, lauten [2] und [3]:

$$|G_{ii}(j\omega)| > \sum_k |G_{ik}(j\omega)| = r_i(\omega), \qquad k \neq i, \qquad 0 \leqq \omega < \infty, \tag{27}$$

$$|G_{kk}(j\omega)| > \sum_i |G_{ik}(j\omega)| = r_k(\omega), \qquad i \neq k, \qquad 0 \leqq \omega < \infty. \tag{28}$$

Für diagonaldominante Mehrgrößensysteme gilt mit gewissen Einschränkungen für instabile offene Systeme (vgl. Abschn. 2.4.)

Satz 2:
Eine Mehrgrößenregelung ist in Eingrößensysteme dekomponierbar, wenn die Rückführdifferenzmatrix $\boldsymbol{F}(j\omega)$ die Zeilen- oder Spaltendiagonaldominanz erfüllt [2] und [3].

Für eine diagonaldominante Mehrgrößenstrecke läßt sich immer eine geeignete diagonale Reglermatrix so bestimmen, daß $\boldsymbol{F}(j\omega)$ diagonaldominant ist [2] und [3]. Folglich ist für die Prüfung der Zerlegbarkeit eines Mehrgrößensystems die Diagonaldominanz der Mehrgrößenstrecke hinreichend.
Mit Hilfe der Zeilen- und Spaltendiagonaldominanzbedingung kann man also relativ einfach die Möglichkeit der Dekomposition in Eingrößensysteme prüfen.

2.3. Verallgemeinerte Diagonaldominanz

Der Zeilen- und Spaltendiagonaldominanz haftet aber eine gewisse Unzulänglichkeit an. Das ist ihre Abhängigkeit von Skalierungsmaßnahmen durch Diagonalmatrizen, wie das folgende Beispiel zeigt.
Die Zweigrößenstrecke mit der ÜFM

$$\boldsymbol{S}(j\omega) = \begin{bmatrix} \dfrac{1}{(1 + j\omega)^2} & \dfrac{2{,}4}{(1 + 2j\omega)^2} \\ \dfrac{0{,}2}{(1 + j\omega)^2} & \dfrac{2}{(1 + 2j\omega)^2} \end{bmatrix} \tag{29}$$

ist weder zeilen- noch spaltendiagonaldominant. Sie läßt sich aber relativ einfach durch eine Skalierungsoperation (Ähnlichkeitstransformation) $\boldsymbol{DSD}^{-1}$ mit $\boldsymbol{D} = \mathrm{diag}\,(1, 3)$, die die Eigenwerte nicht ändert [14], auf eine spaltendiagonaldominante Form bringen.
Es erhebt sich nun die Frage, unter welchen Bedingungen eine ÜFM, die weder zeilen- noch spaltendiagonaldominant ist, durch die angegebene Transformation auf die zeilen- bzw. spaltendiagonaldominante Form gebracht werden kann. Wie in [5] näher ausgeführt, ist diese Möglichkeit immer gegeben, wenn die ÜFM eine verallgemeinerte Diagonaldominanz erfüllt. Dabei geht man davon aus, daß in der Determinante einer ÜFM das Hauptdiagonalprodukt größer ist als die Summe aller übrigen Determinantenterme (der permutierten Terme) und diese Bedingung auch für alle Hauptdiagonaluntermatrizen (Mehrgrößensubsysteme) erfüllt ist, die durch Streichen von beliebigen, den Hauptdiagonalelementen zugeordneten Zeilen und Spalten entstehen.
Bei Bezug auf die Matrizen $\boldsymbol{F}'(j\omega)$ bzw. $\boldsymbol{S}'(j\omega)$, deren Hauptdiagonalprodukt gemäß (11) bis (13) und (17) 1 beträgt, folgt aus (15) bzw. (19), daß die Koppelfunktion $F_{co}(j\omega)$ bzw. $C_n(j\omega)$ und die aller zugehörigen Subsysteme für $0 \leqq \omega < \infty$ im Betrag kleiner 1 sein müssen.
In diesem Fall wird nach (25) und (26) die Anzahl der Umschlingungen des Koordinatenursprungs durch die Ortskurve $\det \boldsymbol{F}(j\omega)$ allein durch das Hauptdiagonalprodukt bestimmt und das Mehrgrößensystem ist in Eingrößensysteme dekomponierbar.
Für Zweigrößenstrecken ergibt sich für die verallgemeinerte Diagonaldominanz die einfache Bedingung

$$|C_n(j\omega)| = |S_{12}(j\omega)\, S_{21}(j\omega)/(S_{11}(j\omega)\, S_{22}(j\omega))| < 1,$$

$$0 \leqq \omega < \infty, \tag{30}$$

die für die Strecke (29) mit $C_n(j\omega) = 0{,}24$ offensichtlich erfüllt ist.
Für $m > 2$ bestehen die Koppelfunktionen $C_n(p)$ und $F_{co}(p)$ aus mehreren Summanden mit unterschiedlichen Vorzeichen (vgl. (23) und (24)). Eine naheliegende hinreichende Bedingung für verallgemeinerte Diagonaldominanz ist, daß die Summe der absoluten Beträge aller Summanden von F_{co} bzw. C_n für $0 \leqq \omega < \infty$ kleiner 1 ist, d. h.

$$C_a(\omega) = \frac{\Sigma\, |(\textit{permutierte Terme})|}{|(\textit{Hauptdiagonalterm})|} < 1, \qquad 0 \leqq \omega < \infty. \tag{31}$$

$C_a(\omega)$ kann für die Subsysteme nie größer als für das Gesamtsystem sein, wovon man sich am Beispiel (24) leicht überzeugen kann, indem man $F_{w3} = 0$ setzt, was dem Öffnen des 3. Regelkreises ($R_3 = 0$) entspricht.

Leider wird diese Bedingung für $m \geqq 4$ unscharf, d. h., sie bleibt hinreichend, ist aber nicht notwendig [5]. Genauere, allgemein notwendige und hinreichende Bedingungen lassen sich mit Hilfe der M-Matrizen angeben.

Definition der M-Matrizen [6] und [7]
Eine unzerlegbare reelle quadratische Matrix, deren Hauptdiagonalelemente alle positiv und deren Nebendiagonalelemente alle nicht positiv sind, ist eine M-Matrix, wenn die Hauptminoren aller Ordnungen größer Null sind.

Satz 3
Eine komplexe Matrix $\boldsymbol{Z} = (Z_{ik})$, $i, k = 1(1)m$, besitzt eine dominierende Hauptdiagonale, wenn die zugeordnete Prüfmatrix $\boldsymbol{B}$ gemäß (35) eine M-Matrix ist [6], und es gilt für die Hauptminoren aller Ordnungen

$$|\det \boldsymbol{Z}| \geqq \det \boldsymbol{B} > 0 . \tag{32}$$

Durch Zuordnung einer frequenzabhängigen Prüfmatrix $\boldsymbol{B}(\omega)$ läßt sich dieses Konzept auf ÜFM übertragen.

Satz 4
Eine ÜFM $\boldsymbol{G}(j\omega) = (G_{ik}(j\omega))$, $i, k = 1(1)m$, ist verallgemeinert diagonaldominant, wenn die gemäß (33) bis (35) zugeordnete Prüfmatrix $\boldsymbol{B}(\omega)$ für $0 \leqq \omega < \infty$ eine M-Matrix ist [8] und [9].

$$\boldsymbol{B}_d(\omega) = \operatorname{diag}(B_{kk}(\omega)) , \qquad B_{kk}(\omega) = |G_{kk}(j\omega)| > 0 , \tag{33}$$

$$\boldsymbol{B}^*(\omega) = (B_{ik}(\omega)) , \qquad B_{ik}(\omega) = \begin{cases} |G_{ik}(j\omega)| \geqq 0 , & i \neq k \\ 0 , & i = k \end{cases} \tag{34}$$

$$\boldsymbol{B}(\omega) = \boldsymbol{B}_d(\omega) - \boldsymbol{B}^*(\omega) \tag{35}$$

Von Ostrowski [6] wurde eine weitere Bedingung angegeben, die den Nachweis der verallgemeinerten Diagonaldominanz wesentlich erleichtert.

Satz 5
Die Prüfmatrix $\boldsymbol{B}$ ist eine M-Matrix, wenn die Perron-Wurzel λ_p der Matrix $\boldsymbol{B}^*\boldsymbol{B}_d^{-1}$ kleiner 1 ist.
Unzerlegbare nichtnegative Matrizen haben einen reellen positiven Eigenwert, der von keinem anderen Eigenwert im Betrag überschritten und als Perron-Wurzel bezeichnet wird [10].
Für die Berechnung der Perron-Wurzel können vereinfachte Verfahren angewendet werden. Allgemein ist das Potenzverfahren [11] bekannt, das sich für positive Matrizen bewährt hat. Es hat aber den Nachteil, daß es bei mehreren im Betrag gleichen Maximalwurzeln, die bei den nichtnegativen Matrizen $\boldsymbol{B}^*$ und $\boldsymbol{B}^*\boldsymbol{B}_d^{-1}$, deren Hauptdiagonalelemente gemäß (34) alle Null sind, häufiger auftreten, nicht konvergiert. Diesen Nachteil überwindet ein neues, modifiziertes Potenzverfahren [12] mit

$$\lambda_p = \lim_{n \to \infty} \|\boldsymbol{A}^n\|^{1/n} . \tag{36}$$

Dabei ist $\boldsymbol{A}$ eine beliebige unzerlegbare nichtnegative Matrix, und als Norm $\|\cdot\|$ wird vorzugsweise die Zeilen- oder Spaltensummennorm angewendet.
Der Entwurf von Mehrgrößenregelungen auf der Basis der verallgemeinerten Diagonaldominanz ist in gleicher Weise wie für Zeilen- und Spaltendiagonaldominanz [2] und [3] durchzuführen, nur sind die Kreise um die Hauptdiagonalelemente (äquivalente Gershgorin-Bänder) für die Eingrenzung der Eigenwerte gemäß

$$r_k(\omega) = \lambda_p(\omega)\, B_{kk}(\omega) , \qquad k = 1(1)m \tag{37}$$

zu berechnen [9].
Für die Zweigrößenstrecke (29) ergibt sich für $p = 0$ und $\lambda_p = \sqrt{0{,}24} = 0{,}49$, $r_1 = 0{,}49$ und $r_2 = 0{,}98$. Für die Spaltenkreise erhält man nach (28) $r_1 = 0{,}2$ und $r_2 = 2{,}4$. Mit der Beziehung (37) werden die durch die Ähnlichkeitstransformation $\boldsymbol{DSD}^{-1}$ gegebenen Möglichkeiten zur Veränderung der Zeilen- und Spaltenkreise [14] und [15] genutzt, um den maximalen Rahmen für Diagonaldominanz zu erfassen, indem man den Radius proportional dem Betrag des Diagonalelements wählt [5]. Der Proportionalitätsfaktor dafür ist $\lambda_p(\boldsymbol{B}^*\boldsymbol{B}_d^{-1})$ [9], und $\lambda_p(\boldsymbol{B}^*\boldsymbol{B}_d^{-1}) < 1$ erfaßt folglich den maximalen Rahmen für Diagonaldominanz.

Der Ansatz (36) ist zwar konvergenzsicher, aber bei mehreren im Betrag gleichen Maximalwurzeln kann sich die Konvergenz erheblich verschlechtern. Solche Fälle treten häufiger auf, als man zunächst vermutet. Für $m = 2$ ergibt sich für die Eigenwerte von $\boldsymbol{B}^*\boldsymbol{B}_d^{-1}$ generell $\lambda_{1,2} = \pm\sqrt{B'_{12}B'_{21}}$ und folglich $\lambda_p = \sqrt{B'_{12}B'_{21}}$.
Aber auch bei $m = 3$ erhält man für B_{13}, $B_{31} = 0$ und bei $m = 4$ für B_{13}, B_{24}, B_{31}, $B_{42} = 0$ Doppelwurzeln. Nicht nur wegen der Verschlechterung der Konvergenz, sondern auch wegen der in diesen Fällen möglichen einfachen Berechnung von λ_p ist wegen der häufigen Wiederholung der Berechnung zur Bestimmung äquivalenter Gershgorin-Bänder im wesentlichen Frequenzbereich [13] eine solche Prüfung zweckmäßig.
Für die Analyse der Kopplung wurde vom Autor ein Kriterium für verallgemeinerte Diagonaldominanz gesucht, bei dem man den Einfluß der Koppelelemente besser überblicken kann. Dazu wurde von der Prüfmatrix $\boldsymbol{B}(\omega)$ die Koppelfunktion $C_B(\omega)$ gemäß (38) gebildet. Sie nimmt für diagonaldominante Mehrgrößensysteme Werte zwischen 0 und 1 an und stellt bei Bezug auf die entsprechenden Matrizen eine obere Grenze für den Betrag der Koppelfunktionen $C_n(j\omega)$ bzw. $F_{co}(j\omega)$ dar (Folgerung aus Satz 3).
Die Koppelfunktion lautet

$$C_B(\omega) = 1 - \det \boldsymbol{B}'(\omega) , \qquad \boldsymbol{B}'(\omega) = \boldsymbol{B}(\omega)\, \boldsymbol{B}_d^{-1}(\omega) . \tag{38}$$

$C_B(\omega)$ enthält ähnlich $C_a(\omega)$ (vgl. (31)) alle permutierten Terme von $\det \boldsymbol{B}'(\omega)$, aber im Gegensatz zu $C_a(\omega)$ treten in $C_B(\omega)$ einzelne permutierte Terme mit negativem Vorzeichen auf, die Schleifenfamilien von mehreren sich nicht berührenden Koppelschleifen widerspiegeln [1] und [5]. Dadurch gibt $C_B(\omega)$ für $m \geqq 4$ eine genauere Abschätzung des Betrages von $C_n(j\omega)$ bzw. $F_{co}(j\omega)$.
Am Beispiel der ÜFM (39) soll das demonstriert werden:

$$\boldsymbol{S}(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega} \begin{bmatrix} 1 & 0{,}8 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0{,}1 & 0 \\ 0 & 0{,}1 & 1 & 0{,}8 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} , \tag{39}$$

$$\boldsymbol{B}'(\omega) = \begin{bmatrix} 1 & -B'_{12} & 0 & 0 \\ -B'_{21} & 1 & -B'_{23} & 0 \\ 0 & -B'_{32} & 1 & -B'_{34} \\ 0 & 0 & -B'_{43} & 1 \end{bmatrix} , \tag{40}$$

$$C_B(\omega) = +B'_{12}B'_{21} + B'_{23}B'_{32} + B'_{34}B'_{43} - B'_{12}B'_{21}B'_{34}B'_{43} . \tag{41}$$

Für die konkreten Werte der Elemente erhält man nach (15), (31) und (38)

$$C_n = -0{,}8 - 0{,}01 - 0{,}8 + 0{,}64 = -0{,}97 ,$$
$$C_a = 0{,}8 + 0{,}01 + 0{,}8 + 0{,}64 = 2{,}25 ,$$
$$C_B = 0{,}8 + 0{,}01 + 0{,}8 - 0{,}64 = 0{,}97 ,$$
$$\lambda_p = 0{,}946 .$$

Die angegebene Strecke ist offensichtlich diagonaldominant, da sich im vorliegenden einfachen Fall für $\omega \neq 0$ an den Koppelverhältnissen nichts ändert. Das Beispiel zeigt, daß C_B eine genauere Abschätzung für den Betrag von $C_n(j\omega)$ liefert als C_a.
Diesem Vorzug steht aber ein erheblicher Nachteil gegenüber. Durch die auftretenden negativen Produktterme, wie $-B'_{12}B'_{21}B'_{34}B'_{43}$ in (41), bei $m \geqq 4$ ist nicht mehr gesichert, daß bei $C_B < 1$ alle permutierten Terme von $\det \boldsymbol{B}'$ im Betrag kleiner 1 sind, was notwendig ist, um nicht diagonaldominante Subsysteme zu vermeiden. Für S_{12}, $S_{34} = 1{,}2/(1 + j\omega)$ in (39) ergibt sich ebenfalls $C_B = 0{,}97$, obwohl $B'_{12}B'_{21}$ und $B'_{34}B'_{43}$ den Wert 1,2 haben und damit auf nichtdiagonaldominante Zweigrößensubsysteme hinweisen.
Zusammenfassend ist festzustellen:

Satz 6
Für $m \leqq 3$ ist $C_B(\omega) < 1$ für $0 \leqq \omega < \infty$ hinreichend für verallgemeinerte Diagonaldominanz. Bei $m \geqq 4$ sind Zusatzbedingungen für die Diagonaldominanz der Subsysteme zu berücksichtigen.

Damit wird eine diesbezügliche frühere Aussage [5] präzisiert. Bei $m = 4$ sind als Zusatzbedingung $B'_{12}B'_{21}B'_{34}B'_{43} < 1$, $B'_{13}B'_{31}B'_{24}B'_{42} < 1$ und $B'_{14}B'_{41}B'_{23}B'_{32} < 1$ für $0 \leqq \omega < \infty$ hinreichend.
Bei $m = 5$ ist als Zusatzbedingung hinreichend, daß alle 5 Viergrößensubsysteme ebenfalls der Bedingung $C_B(\omega) < 1$ für $0 \leqq \omega < \infty$ genügen. Damit liefert Satz 6 für die praktisch häufigsten Fälle $m \leqq 4$ (maximal 5) von Mehrgrößenregelungen an einem Objekt ein einfaches Kriterium zum Nachweis der verallgemeinerten Diagonaldominanz. Für die praktische Berechnung von $\lambda_p(\omega)$ und $C_B(\omega)$ ist noch von Bedeutung, daß die Untersuchung auf einen endlichen Frequenzbereich beschränkt werden kann, dessen Abschätzung u. a. in [13] behandelt wird.

2.4. Besonderheiten bei der Dekomposition von instabilen offenen Systemen

Bei der Dekomposition in Eingrößensysteme wird vorausgesetzt, daß durch Stabilisierung der Eingrößenregelungen die Stabilität des Gesamtsystems gewährleistet werden kann. Für die Stabilität der Eingrößenregelungen gilt analog Satz 1

$$1 + S_{kk}(p)\, R_k(p) = P_{gk}(p)/P_{ok}(p)\,, \qquad k = 1(1)m\,, \tag{42}$$

$$n_k = -n_{ok}\,. \tag{43}$$

Dabei ist n_{ok} die Anzahl der instabilen Pole von $F_{okk}(p) = S_{kk}(p)\, R_k(p)$.
Aus (26) und (43) erhält man für die Stabilität des gekoppelten Systems

$$n_{F'} = -n_0 + \Sigma\, n_{ok}\,, \qquad k = 1(1)m\,. \tag{44}$$

Bei Diagonaldominanz von $\boldsymbol{F}(j\omega)$ ist $n'_F = 0$. Daraus ergibt sich für instabile offene Systeme die Zusatzbedingung

$$\Sigma\, n_{ok} = n_o\,. \tag{45}$$

Satz 7
Für instabile offene Systeme ist zur Dekomposition in Eingrößensysteme notwendig, daß alle instabilen Pole des offenen Systems $\boldsymbol{F}_o = \boldsymbol{SR}$ auch in ihrer Hauptdiagonale, d. h. in $\boldsymbol{F}_{od} = \boldsymbol{S}_d\boldsymbol{R}$, enthalten sind [5].

Zwei einfache Beispiele sollen diesen Sachverhalt veranschaulichen:

$$\boldsymbol{F}_0(p) = \begin{bmatrix} (1-p)^{-1} & 0{,}4(1+p)^{-1} \\ (1+p)^{-1} & (1-2p)^{-1} \end{bmatrix}, \qquad c_B(\omega) \leqq 0{,}8\,, \tag{46}$$

$$\boldsymbol{F}_0(p) = \begin{bmatrix} (1-p)^{-1} & 0{,}4(1-2p)^{-1} \\ (1+p)^{-1} & (1-p)^{-1} \end{bmatrix}, \qquad c_B(\omega) \leqq 0{,}4\,. \tag{47}$$

Im ersten Fall ist (45) erfüllt, im zweiten Fall nicht, so daß das System (47) in der vorliegenden Form trotz Diagonaldominanz nicht dekomponierbar ist.

Zusammenfassung

Es werden die Grundlagen der verallgemeinerten Diagonaldominanz dargelegt, die den maximalen Rahmen für die Dekomposition von Mehrgrößenregelungen in Eingrößensysteme erfaßt, und ihre Anwendung für die Analyse und den Reglerentwurf behandelt. Für die praktisch häufigsten Fälle $m \leqq 5$ werden vereinfachte Kriterien für den Nachweis der verallgemeinerten Diagonaldominanz angegeben.

Literatur

[1] Zietz, H.: Zur strukturellen Kopplungsanalyse und Dekomposition auf der Basis der Eingangs-Ausgangsbeziehungen. msr, Berlin 28 (1985) 1, S. 12—16.
[2] Rosenbrock, H. H.: Computer-aided control system design. London/New York: Academic Press 1974.
[3] Korn, U.; Wilfert, H.-H.: Mehrfachregelungen. Berlin: VEB Verlag Technik 1982.
[4] Zietz, H.: Vorschläge für eine allgemeine Koppelfunktion der Mehrgrößenstrecke und der Mehrgrößenregelung und Darstellung ihrer Eigenschaften am Beispiel der Dreigrößenregelung. msr, Berlin 25 (1982) 6, S. 311—314.
[5] Zietz, H.: Untersuchungen von Mehrgrößensystemen auf der Basis der Eingangs-Ausgangsbeziehungen — strukturelle und quantitative Kopplungsanalyse, Dekomposition und optimale Entkopplung. Dissertation B, TU Magdeburg, 1985.
[6] Ostrowski, A.: Determinante mit überwiegender Hauptdiagonale und absolute Konvergenz von linearen Iterationsprozessen. Comment. Math. Helv. 30 (1956), S. 175—210.
[7] Fiedler, M.; Ptak, V.: On matrices with non-positive off-diagonal elements and positive principal minors. Czech. math. J. 12 (1962), pp. 382—400.
[8] Araki, M.; Nwokah, O. J.: Bounds for closed-loop Transfer funktions of multivariable systems. IEEE Trans. AC-20 (1975), pp. 666 to 670.
[9] Nwokah, O. J.: A recurrent issue on the extended Nyquist array. Int. J. Control 31 (1980), pp. 609—614.
[10] Gantmacher, F. R.: Matrizenrechnung. Band 2. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften 1971.
[11] Isaacson, E.; Keller, H. B.: Analyse numerischer Verfahren. Leipzig: Edition Leipzig 1972.
[12] Berman, A.; Plemmons, R. J.: Nonnegative matrices in the mathematical sciences. London/New York: Academic Press 1973.
[13] Zietz, H.: Abschätzung der oberen Frequenzgrenze für die Stabilitätsanalyse von Mehrgrößenregelungen. msr, Berlin 30 (1987) 1, S. 7—10.
[14] Fan, K.: On circular discs containing the eigenvalues of a matrix. Duke math. J. 25 (1958), pp. 441—445.
[15] Tolle, H.: Mehrgrößenregelkreissynthese. Band 1. München/Wien: R. Oldenburg Verlag 1983.

msr 8871

Zu Ihrer Information!

Im VEB Verlag Technik Berlin erscheinen neben der „msr" folgende Fachzeitschriften der Elektrotechnik/Elektronik und angrenzender Gebiete:

Nachrichtentechnik/Elektronik; Elektrie; radio-fernsehen-elektronik; Elektropraktiker und Mikroprozessortechnik.

Bitte nutzen Sie auch diese Informationsquellen!

J. Nikolaizik

Spezielle Computerkonfigurationen zur Tolerierung von Zweifachfehlern in komplexen fehlertoleranten Automatisierungssystemen

0. Einsatz fehlertoleranter Mikrocomputermodule

Fehlertolerante Mikrocomputermodule kommen immer dann zum Einsatz, wenn hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Sicherheit gestellt werden, wie beim schienengebundenen Verkehr, in Kraftwerken und Teilbereichen der Chemie. Grundbausteine für die Realisierung komplexer fehlertoleranter Automatisierungssysteme sind:

1) (1 von 2)-Mikrocomputermodule (hohes Zuverlässigkeitsniveau erreichbar)
2) (2 von 2)-Mikrocomputermodule (hohes Sicherheitsniveau erreichbar)
3) (2 von 3)-Mikrocomputermodule (hohes Zuverlässigkeits- und Sicherheitsniveau erreichbar).

Komplexe fehlertolerante Automatisierungssysteme werden vorrangig auf der Basis von (2 von 3)-Mikrocomputermodulen realisiert. Bild 1 zeigt das Blockschaltbild eines solchen Moduls. In den Bildern 2 und 3 sind damit realisierte fehlertolerante Automatisierungssysteme dargestellt. Diese Systemstrukturen werden z. B. in [1] bis [3] erläutert.

1. Zweifachfehler und deren Auswirkungen in komplexen fehlertoleranten Mikrocomputersystemen

Die nachfolgenden Ausführungen zeigen, daß den in den Bildern 2 und 3 dargestellten Systemkonzepten, die derzeit als typische Vertreter von komplexen fehlertoleranten Automatisierungssystemen angesehen werden können, vom Standpunkt der Sicherheit und Zuverlässigkeit immer noch ein schwerwiegender Mangel anhaftet. Dieser Mangel besteht darin, daß durch eine bestimmte Klasse von Zweifachfehlern das gesamte Automatisierungssystem in den Ausfallzustand überführt werden muß. Diese Art von Zweifachfehlern ist in Tafel 1 zusammengestellt. Anhand eines Beispiels soll der Sachverhalt näher erläutert werden. Ist im Bild 2 beim Bedien- und Anzeigemodul (BA-Modul) z. B. der Computer *MC 1* ausgefallen, d. h., der BA-Modul arbeitet im (2 von 2)-Betrieb, und fällt die Übertragungsstrecke *ÜB 2* während dieser Zeit ebenfalls aus, dann würde der (2 von 3)-Modul in der Leitebene (L-Modul) nur noch über einen Kanal *ÜB 3* Informationen erhalten (siehe Fehlerfall 7 in Tafel 1). Damit kommt es zum Ausfall des Gesamtsystems, denn nur der Computer *MC 3* des (2 von 3)-Mikrocomputermoduls in der Leitebene würde über die modulinterne Kopplung *MIK* den Eingangsdatenvergleich bei den Nachbarcomputern anmelden. Dies müßte jedoch unabhängig mindestens von zwei Computern gesche-

Tafel 1. Zweifachfehler, die in konventionellen fehlertoleranten Systemen mit Sicherheitsverantwortung einen Ausfallzustand (betriebshemmender Zustand) erzwingen

Fehlerfall	Modul 1			Übertragungsstrecke			Modul 2		
	MC 1	*MC 2*	*MC 3*	*ÜB 1*	*ÜB 2*	*ÜB 3*	*MC 1*	*MC 2*	*MC 3*
1	*i*	*i*	*i*	*a*	*i*	*i*	*i*	*a*	*i*
2	*i*	*i*	*i*	*a*	*i*	*i*	*i*	*i*	*a*
3	*i*	*i*	*i*	*i*	*a*	*i*	*a*	*i*	*i*
4	*i*	*i*	*i*	*i*	*a*	*i*	*i*	*i*	*a*
5	*i*	*i*	*i*	*i*	*i*	*a*	*a*	*i*	*i*
6	*i*	*i*	*i*	*i*	*i*	*a*	*i*	*a*	*i*
7	*a*	*i*	*i*	*i*	*a*	*i*	*i*	*i*	*i*
8	*a*	*i*	*i*	*i*	*i*	*a*	*i*	*i*	*i*
9	*i*	*a*	*i*	*a*	*i*	*i*	*i*	*i*	*i*
10	*i*	*a*	*i*	*i*	*i*	*a*	*i*	*i*	*i*
11	*i*	*i*	*a*	*a*	*i*	*i*	*i*	*i*	*i*
12	*i*	*i*	*a*	*i*	*a*	*i*	*i*	*i*	*i*
13	*a*	*i*	*i*	*i*	*i*	*i*	*i*	*a*	*i*
14	*a*	*i*	*i*	*i*	*i*	*i*	*i*	*i*	*a*
15	*i*	*a*	*i*	*i*	*i*	*i*	*a*	*i*	*i*
16	*i*	*a*	*i*	*i*	*i*	*i*	*i*	*i*	*a*
17	*i*	*i*	*a*	*i*	*i*	*i*	*a*	*i*	*i*
18	*i*	*i*	*a*	*i*	*i*	*i*	*i*	*a*	*i*

i intakt; *a* ausgefallen

Dipl.-Ing. JÜRGEN NIKOLAIZIK (49) studierte bis 1963 an der TH Ilmenau in der Fachrichtung Elektrische Apparate und Anlagen. Anschließend 5 Jahre in der Projektierung von Starkstrom- und Steuerungsanlagen tätig. Seit 1968 Mitarbeiter für Forschung und Entwicklung im Zentrum für Forschung und Technologie im VEB Elektroprojekt und Anlagenbau (ehemals Institut für Elektro-Anlagen).

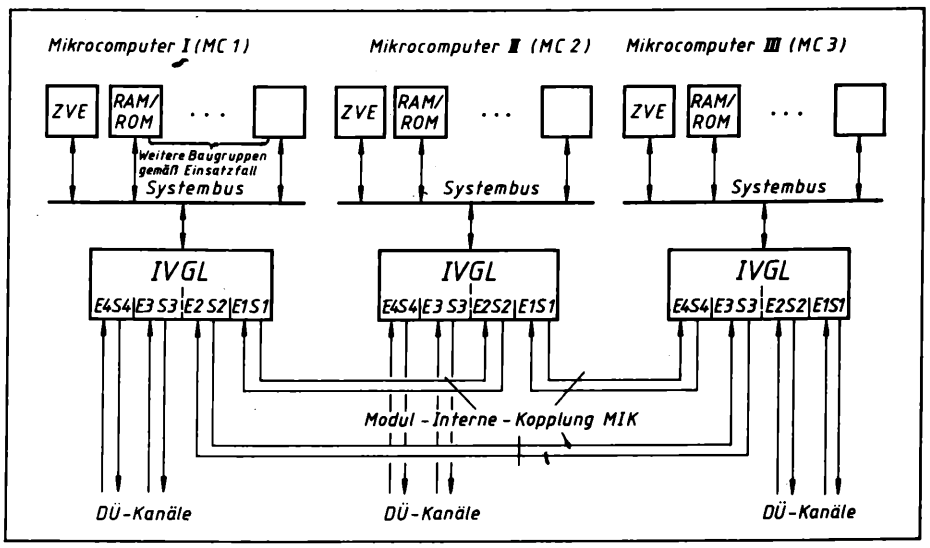


Bild 1.
Prinzipschaltung eines (2 von 3)-Mikrocomputermoduls mit intelligentem Vergleicher IVGL und 3kanaliger Datenübertragung

hen. Selbst wenn organisiert werden könnte, daß über die *MIK* den Nachbarcomputern von *MC 3* Informationen übergeben werden, dürfte dies für sicherheitsrelevante Aufgaben nicht akzeptiert werden, da keine Unabhängigkeit der Informationsbereitstellung für den notwendigen Eingangsdatenvergleich gewährleistet ist. Bei den angenommenen Ausfallkombinationen treten die Auswirkungen besonders drastisch in Erscheinung, denn obwohl der (2 von 3)-Modul in der Bedien- und Anzeigeebene im (2 von 2)-Betrieb arbeitet und der (2 von 3)-Modul in der Leitebene in vollem Umfang intakt ist, kann eine Kommunikation nicht erfolgen, und deshalb muß das gesamte Automatisierungssystem in einen definiert sicheren Zustand überführt werden. Die Auswirkungen der in Tafel 1 aufgeführten Klasse von Zweifachfehlern sind bei den in den Bildern 2 und 3 dargestellten Systemstrukturen unterschiedlich. Tritt der vorher beschriebene Zweifachfehler z. B. bei der Kommunikation zwischen den (2 von 3)-Modulen in der Leitebene und Bereichsebene auf, so ist der Ausfall ausschließlich auf die entsprechende Bereichsebene beschränkt, d. h. z. B. konkret, daß 256 Prozeßelemente, die durch den (2 von 3)-Mikrocomputermodul der Bereichsebene koordiniert und überwacht werden, der Kontrolle der Leitebene entzogen sind und darüber hinaus nicht mehr auf dem Meldedisplay zur Anzeige kommen können. Da jedoch beide, (2 von 3)-Modul der Leitebene und Meldedisplay, in bestimmten Einsatzbereichen, Sicherheitsverantwortung tragen, darf der Fehlerfall nicht toleriert werden. Im normalen Betriebsgeschehen würden Leitebene und Meldedisplay zyklisch (im Abstand von 1 bis 3 s) über den aktuellen Zustand der Prozeßelemente durch die (2 von 3)-Mikrocomputermodule der Bereichsebene informiert werden und darüber hinaus der (2 von 3)-Computermodul der Leitebene aus Gründen der Sicherheit im selben Zyklus aktuelle Informationen (teils Auffrischungssignale) an die Bereichsebene übertragen.

Zweifachfehler, die innerhalb eines (2 von 3)-Mikrocomputermoduls auftreten, z. B. gleichzeitiger Ausfall zweier Einzelcomputer, sind in Tafel 1 nicht aufgeführt. Abgesehen von Maßnahmen zur schnellen Erkennung dieser Doppelfehler durch zyklische On-line-Diagnose und Informationsvergleiche gibt es keine Möglichkeiten der Tolerierung bei (2 von 3)-Mikrocomputermodulen.

2. Schaltungsvorschläge und Maßnahmen

Eine Tolerierung der in Tafel 1 aufgeführten Zweifachfehler ist durch einen bestimmten Schaltungsaufbau (Bild 4) und zweimalige Datenübertragung erreichbar (siehe [4]). Bei der Kommunikation zwischen den (2 von 3)-Modulen sind gewisse Besonderheiten zu beachten. Bezüglich der Schaltung nach Bild 4 bestehen sie darin, daß zum einen die Computer *MC 1*, *MC 2*, *MC 3* des Moduls I

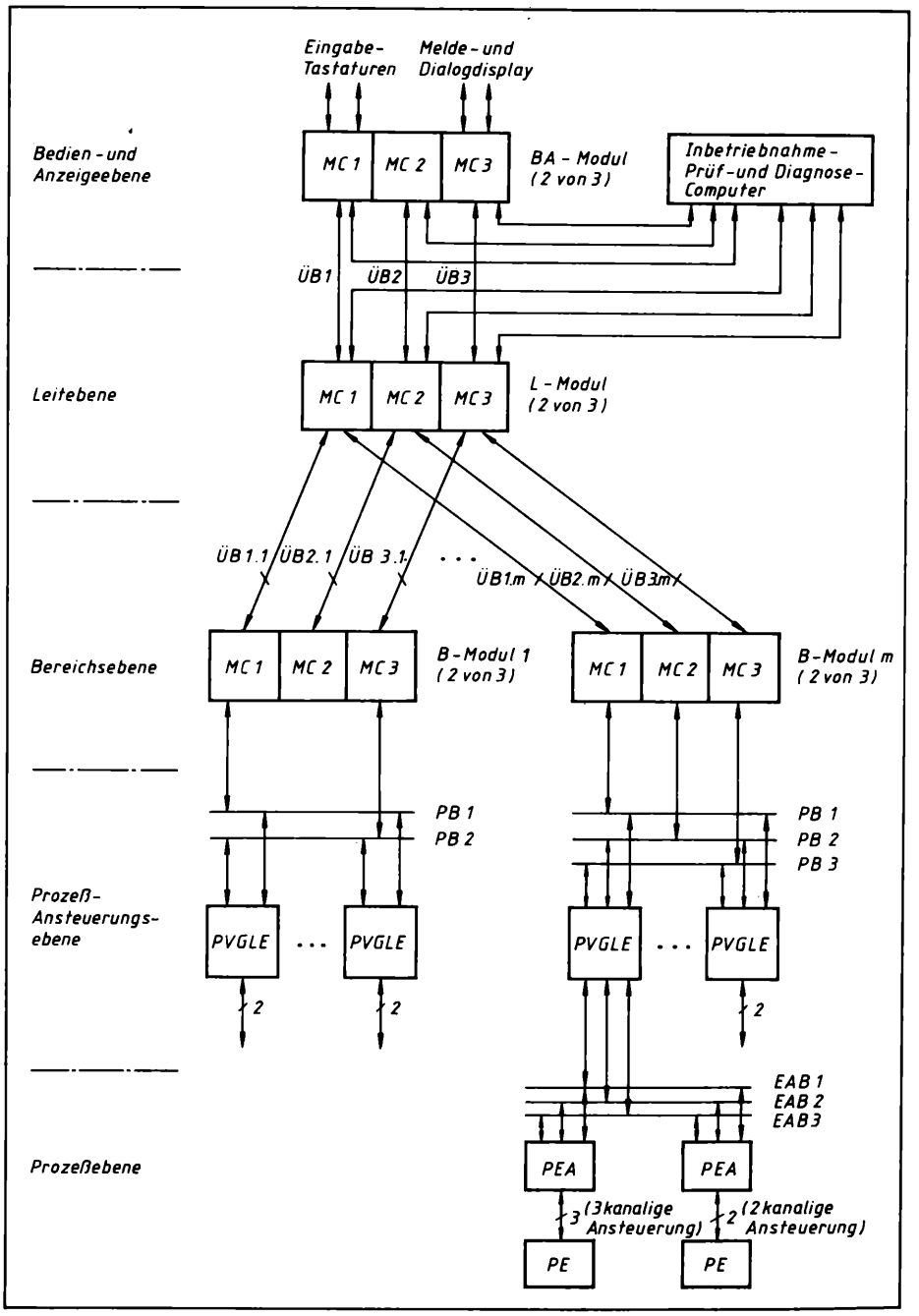


Bild 2.
Komplexes fehlertolerantes Automatisierungssystem auf der Basis hierarchisch angeordneter (2 von 3)-Mikrocomputermodule
MC i Mikrocomputer *i*; *ÜB i* serielle Übertragungsstrecke *i*; *PB i* Peripheriebus *i*; *EAB i* Eingabe-/Ausgabebus *i*; *PVGLE* Peripherievergleichereinheit; *PEA* Prozeßein-/-ausgabe; *PE* Prozeßelement
Kommunikation zwischen BA-, L- und B-Modulen über Punkt-zu-Punkt-Verbindung

durch die Übertragungskanäle *ÜB 1*, *ÜB 2*, *ÜB 3* mit den Computern *MC 1*, *MC 2*, *MC 3* des Modul II direkt verbunden sind und zum anderen besteht über die Übertragungskanäle *ÜA 1*, *ÜA 2*, *ÜA 3* eine zyklisch vertauschte Kopplung zwischen den (2 von 3)-Modulen I und II (siehe Bild 4). Zur Klärung der Vorgänge bei der Datenübertragung zwischen den (2 von 3)-Mikrocomputermodulen wird angenommen, daß Modul I Sender und Modul II Empfänger ist. Die Datenausgabe/eingabe verläuft dann prinzipiell nach folgender Prozedur:

Datenausgabe (von Modul I)

- Alle drei Computer des (2 von 3)-Moduls arbeiten das gleiche Programm nicht synchronisiert ab. Die zu übertragenden Informationen werden durch die jeweilige zentrale Verarbeitungseinheit (*ZVE*) der einzelnen Computer in den Dual-Port-RAM (*DPRAM*) des intelligenten Vergleichers (*IVGL*) transportiert (siehe [3]).
  Bei diesem Vorgang erfolgt die Signaturbildung (CRC-Verfahren).
- Unmittelbar nach dem die Signatur oder die Kommandokennung zum Zwecke des Vergleichs über die *MIK* zwischen den einzelnen Computern ausgetauscht wurden, erhält die ZVE der Computer ein Quittungssignal. Dieses gilt als Zeichen dafür, daß die Computer des (2 von 3)-Moduls synchronisiert sind (befehlssynchron). Bis zu diesem Zeitpunkt erledigt die jeweilige *ZVE* keine Aufgaben im Rahmen von Diagnose oder Anwenderprogramm. Die Zeitspanne bis zum Eintreffen des Quittungssignals wird von der *ZVE* überwacht. Sie sollte möglichst klein sein ($<1{,}5$ ms). Nach der Quittung an die *ZVE* vollendet der intelligente Vergleicher *IVGL* das Vergleichskommando und stellt Ergebnisse bereit, z. B. in Form eines Vergleichsfehlerwortes (siehe [3]).
- Aktivierung von Reaktionen durch den intelligenten Vergleicher *IVGL* entsprechend dem Ergebnis des Vergleichs.
  Weist das Vergleichsfehlerwort die zu übertragenden Informationen, die im *DPRAM* des *IVGL* abgelegt sind, als korrekt aus, dann werden diese Informationen generell zweimal zum Empfängermodul II übertragen, zuerst über Kanal B und dann eventuell invertiert über Kanal A. Das Übertragungstelegramm *ÜT* muß mindestens folgende Angaben enthalten:
  - — Blocklänge der Nutzdaten
  - — Zieladresse im Empfängersystem
  - — Nutzdaten
  - — Signatur der Nutzdaten (vom *IVGL* bereitgestellt)
  - — Blocklänge der Diagnosedaten
  - — Diagnosedaten
  - — Modulstatus des Senders
  - — eilige/nicht eilige Bearbeitung erforderlich
  - — Signatur des gesamten Übertragungstelegramms

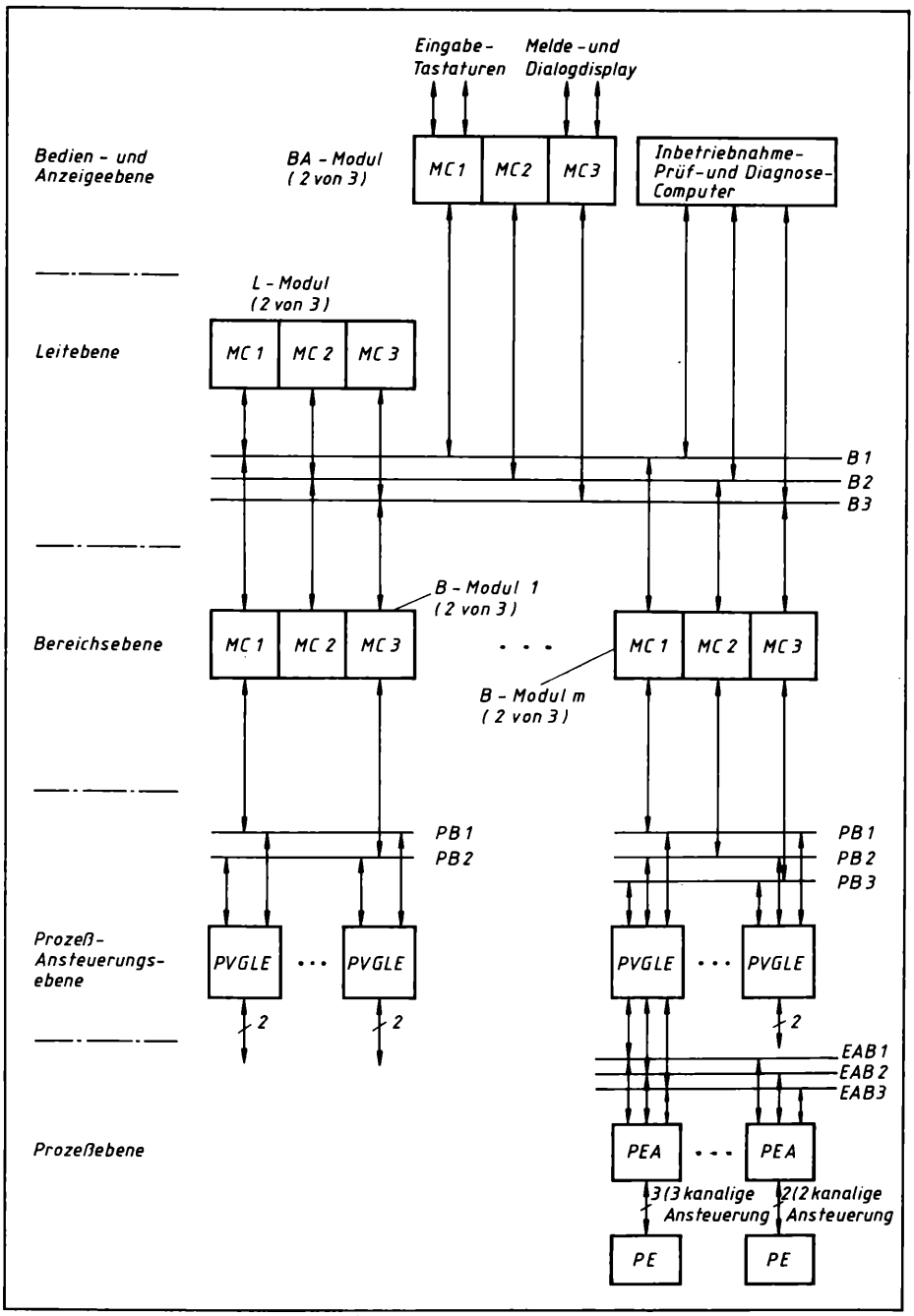


Bild 3.
Komplexes fehlertolerantes Automatisierungssystem auf der Basis hierarchisch angeordneter (2 von 3)-Mikrocomputermodule
MC i Mikrocomputer *i*; *B i* serieller Bus *i*; *PB i* Peripheriebus *i*; *PE* Prozeßelement; *EAB i* Eingabe-/Ausgabebus *i*; *PEA* Prozeßein-/-ausgabe; *PVGLE* Peripherievergleichereinheit
Kommunikation zwischen BA-, L- und B-Moduln über serielle Linien- oder Ringbussysteme

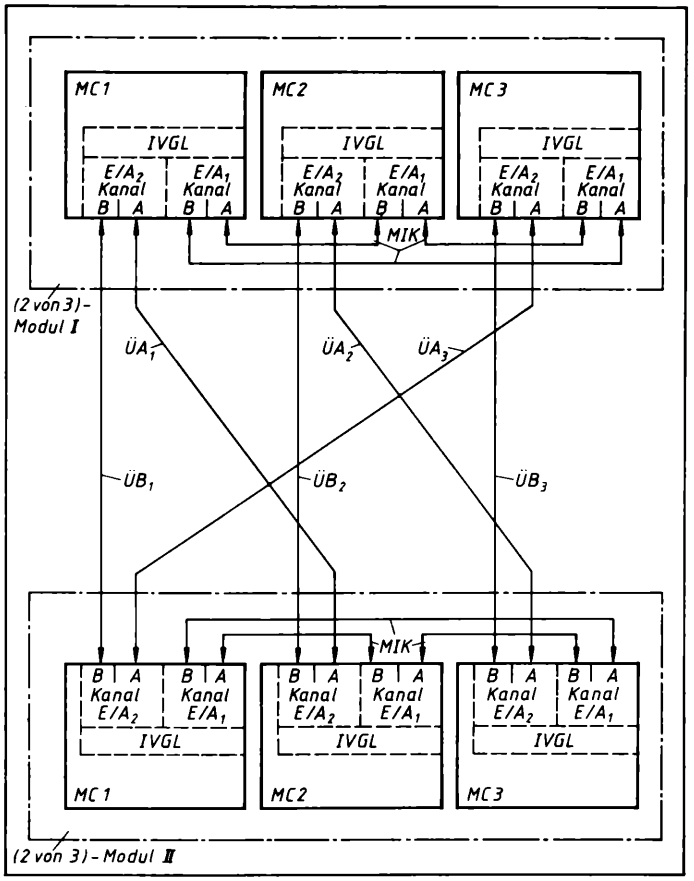


Bild 4. Zweikanalige Verbindungen zwischen (2 von 3)-Mikrocomputermoduln zum Zwecke einer zweikanaligen Datenübertragung
MC i Mikrocomputer *i*; *ÜB i* Übertragungskanal *B i*; *E/A i* Ein-/Ausgabekanal *i*; *ÜA i* Übertragungskanal *A i*; *IVGL* intelligenter Vergleicher; *A*, *B* Ports der seriellen Eingabe-/Ausgabebausteine

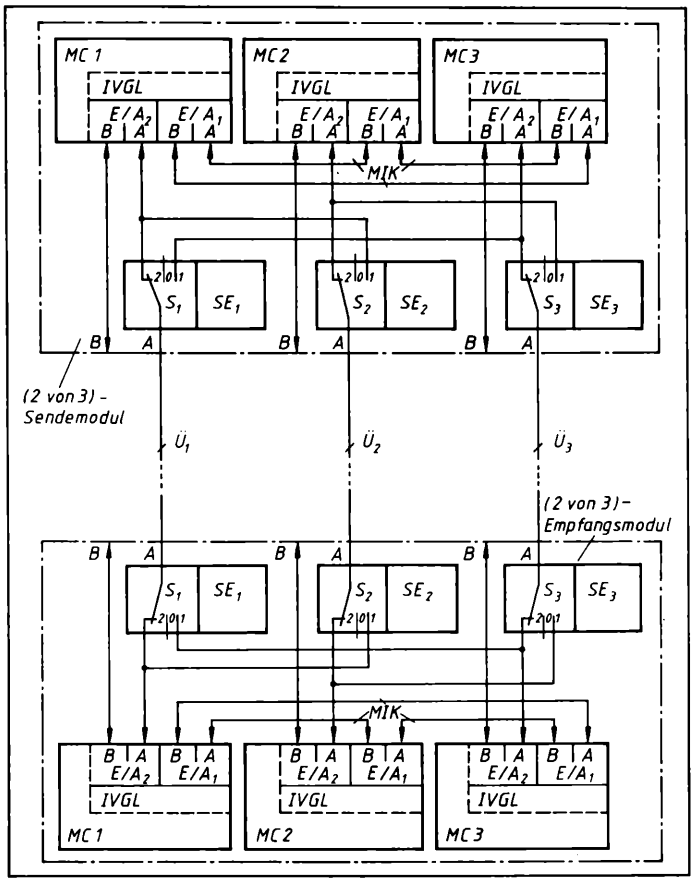


Bild 5. Einkanalige Verbindungen zwischen (2 von 3)-Mikrocomputermoduln, zugeschnitten für eine zweimalige Datenübertragung
MC i Mikrocomputer *i*; *Ü i* Übertragungskanal *i*; *S i* Schalter *i*, z. B. durch Power-MOSFET-Transistoren realisiert; *SE i* Schalteinheit *i*, die auf Basis eines Majoritätsentscheids den zugeordneten Schalter *S i* umschaltet (Steuersignale für den Majoritätsentscheid sind nicht dargestellt); *IVGL* intelligenter Vergleicher; *A*, *B* Ports der seriellen Ein-/Ausgabebausteine

Dateneingabe (Empfang im Modul II)

Durch die zweimalige Datenübertragung auf getrennten Wegen erhalten die intelligenten Vergleicher *IVGL* des Empfängermoduls jeweils die Übertragungstelegramme von zwei verschiedenen Sendecomputern (siehe Bild 4). Tafel 2 gibt entsprechend den Fehlerfällen der Tafel 1 an, von welchen Sendecomputern die Computer des Empfängermoduls das Übertragungstelegramm *ÜT* erhalten. Im beschriebenen Fehlerfall 7 würde also im Empfängermodul II der Computer *MC 1* das *ÜT* vom Sendecomputer *MC 3* und der Computer *MC 3* das *ÜT* vom Sendecomputer *MC 2* und *MC 3* empfangen. Im intelligenten Vergleicher *IVGL* laufen dann folgende Vorgänge ab:

- Je Kanal wird vom *ÜT* die Signatur *ÜT-SIG* gebildet.
- Je Kanal wird *ÜT-SIG* vom Sender mit *ÜT-SIG* vom Empfänger verglichen und als Ergebnis ein spezielles Vergleichsfehlerbyte *VFB* (Tafel 3) gebildet. Bei Übereinstimmung wird davon ausgegangen, daß das Übertragungstelegramm *ÜT* einschließlich Nutzdaten korrekt ist.

Tafel 2. Angabe von welchen Sendecomputern die Einzelcomputer *MC i* des Empfängermoduls das Übertragungstelegramm *ÜT* bei Zweifachfehlern nach Tafel 1 empfangen

Fehlerfall	Empfangsmodul *MC 1*		*MC 2*		*MC 3*	
	B	A	B	A	B	A
1	—	*MC 3*	—	—	*MC 3*	*MC 2*
2	—	*MC 3*	*MC 2*	*MC 1*	—	—
3	—	—	—	*MC 1*	*MC 3*	*MC 2*
4	*MC 1*	*MC 3*	—	*MC 1*	—	—
5	—	—	*MC 2*	*MC 1*	—	*MC 2*
6	*MC 1*	*MC 3*	—	—	—	*MC 2*
7	—	*MC 3*	—	—	*MC 3*	*MC 2*
8	—	*MC 3*	*MC 2*	—	—	*MC 2*
9	—	*MC 3*	—	*MC 2*	*MC 3*	—
10	*MC 1*	*MC 3*	—	*MC 1*	—	—
11	—	—	*MC 2*	*MC 1*	—	*MC 2*
12	*MC 1*	—	—	*MC 1*	—	*MC 2*
13	—	*MC 3*	—	—	*MC 3*	*MC 2*
14	—	*MC 3*	*MC 2*	—	—	—
15	—	—	—	*MC 1*	*MC 3*	—
16	*MC 1*	*MC 3*	—	*MC 1*	—	—
17	—	—	*MC 2*	*MC 1*	—	*MC 2*
18	*MC 1*	—	—	—	—	*MC 2*

Tafel 3. Möglicher Aufbau des Vergleichsfehlerbytes *VFB*

x	*x*	*B2*	*B1*	*A2*	*A1*	*Ü*	*AK*

1/0 *VFB* aktuell/nicht aktuell
1/0 Übereinstimmung/keine Übereinstimmung von A und B
1/0 *ÜT-SIG* Kanal A korrekt/nicht korrekt
1/0 kein Empfang/Empfang über Kanal A
1/0 *ÜT-SIG* Kanal B korrekt/nicht korrekt
1/0 kein Empfang/Empfang über Kanal B

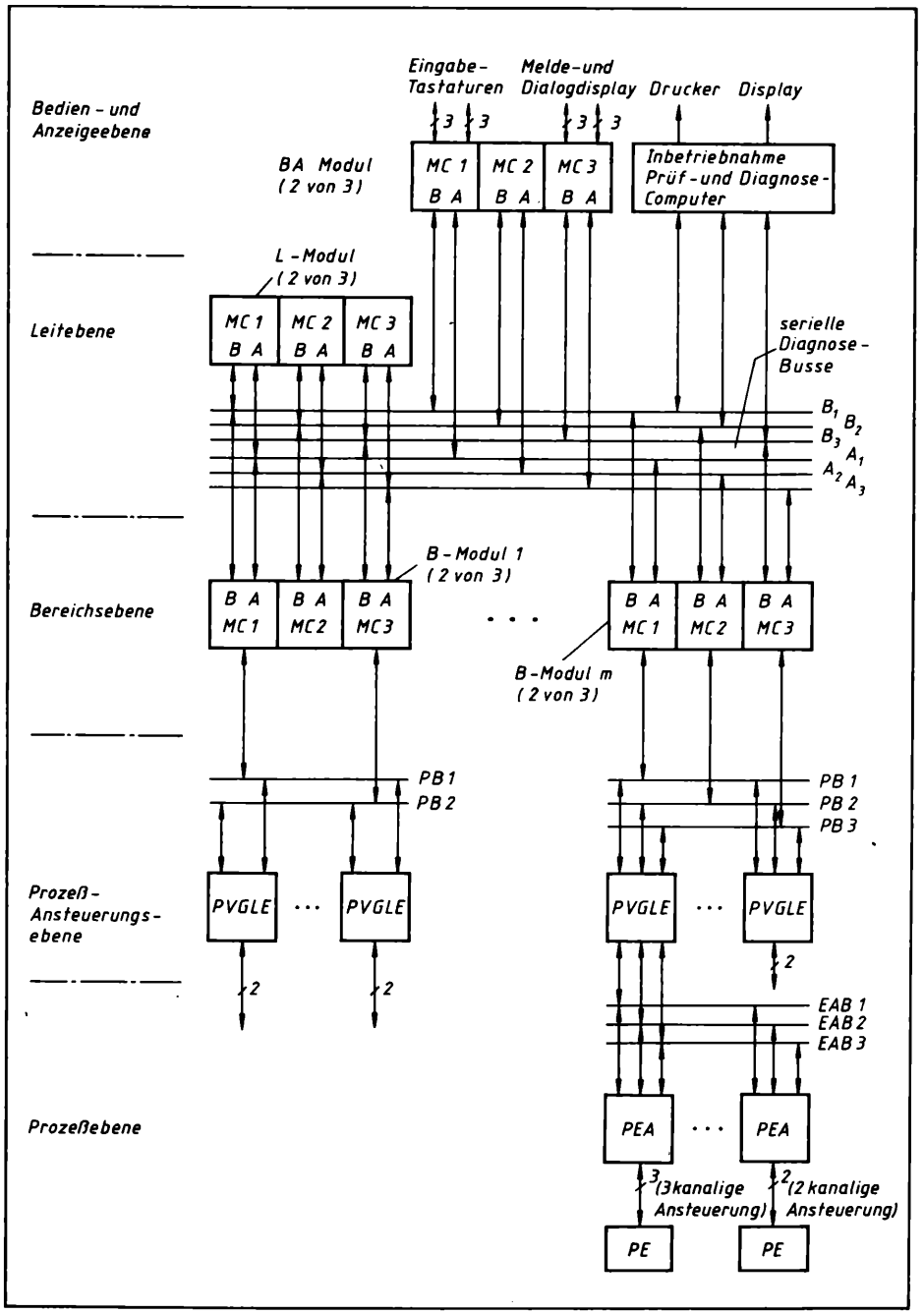


Bild 6.
Komplexes fehlertolerantes Automatisierungssystem auf der Basis von (2 von 3)-Mikrocomputermodulen mit separaten Bussen für die Kommunikation und Diagnose
PVGLE Peripherievergleichereinheit; *PEA* Prozeßeingabe-/-ausgabebaugruppe; *A i*, *B i* serielle Kommunikations-/Diagnosebusse

Das Vergleichsfehlerbyte *VFB* kennzeichnet u. a. auch, von welchem Kanal (A oder B), d. h. von welchem Sendecomputer, das Übertragungstelegramm *ÜT* stammt. Damit kann gesichert werden, daß bei Mehrfachfehlern der Eingangsdatenvergleich im *IVGL* mit Daten von unabhängigen Quellen erfolgt.

- Austausch der Vergleichsfehlerbytes *VFB* über die *MIK* und Bildung eines speziellen Vergleichsfehlerwortes *VFW* in jedem *IVGL*
  Dabei ist insbesondere zu beachten, daß nur Signaturen von unterschiedlichen Quellen zum Vergleich herangezogen werden. Im Fehlerfall 7 dürfen ausschließlich die Signaturen der Daten vom Empfangscomputer *MC 1* Kanal A mit der Signatur der Daten von Empfangscomputer *MC 3* Kanal A verglichen werden.
  Den möglichen Aufbau des Vergleichsfehlerwortes *VFW* zeigt Tafel 4.
- Aktivierung von Maßnahmen entsprechend dem Inhalt des Vergleichsfehlerwortes
  Wenn, wie im Fehlerfall 7, nur zwei *IVGL* das Übertragungstelegramm *ÜT* erhalten haben, ist ein Kommando aufzurufen, das den Datenangleich bewirkt. Als Ergebnis dieses Kommandos stehen allen drei Computern die gleichen Eingangsinformationen zur Verfügung, womit Fehlerfall 7 und in Analogie dazu die in Tafel 1 zusammengefaßten Fehler in vollem Umfang toleriert werden können.
- Signalisierung an die *ZVE* der Einzelcomputer durch Interrupt (auch Polling möglich), daß Daten für sie vorliegen
- Übernahme und Verarbeitung der Daten durch die *ZVE* der Einzelcomputer.

Eine weitere Möglichkeit zur Tolerierung von Mehrfachfehlern im vorher beschriebenen Sinne ist mit der Schaltung gemäß Bild 5 gegeben (siehe [5]). Hierbei werden die Informationen vom Sender zweimal nacheinander über ein und denselben Übertragungskanal gesendet, d. h., daß der Sendecomputer *MC 1* sein Übertragungstelegramm *ÜT* über die Übertragungsstrecke *Ü 1* zunächst dem Empfangscomputer *MC 1* übermittelt (Schalter *S 1* in Stellung 2, siehe Bild 5). Den Abschluß des ersten Sendevorgangs teilen sich die Computer des (2 von 3)-Moduls über die *MIK* mit, bevor sie das zweite Mal übertragen. Dadurch ist auch gewährleistet, daß die Computer im Empfangsmodul genügend Zeit haben, um sich auf den Empfang des zweiten Übertragungstelegramms einzustellen

Tafel 4. Möglicher Aufbau des Vergleichsfehlerwortes *VFW*

	MC 3			*MC 2*			*MC 1*					
x	*B3*	*B2*	*B1*	*B3*	*B2*	*B1*	*B3*	*B2*	*B1*	*Ü2*	*Ü1*	*AK*
												1/0 *VFW* aktuell/ nicht aktuell
												Übereinstimmung
										1	1	1 von 3 *VFB*
										1	0	0 von 2 *VFB*
										0	1	1 von 1 *VFB*
										0	0	0 von 0 *VFB*
				0	0	0	kein Empfang über Kanal A und B					
				0	0	1	*ÜT-SIG* von Kanal B korrekt, kein Empfang über Kanal A					
				0	1	0	*ÜT-SIG* von Kanal A korrekt, kein Empfang über Kanal B					
				1	0	1	*ÜT-SIG* von Kanal B korrekt, von A nicht					
				1	1	0	*ÜT-SIG* von Kanal A korrekt, von B nicht					
				1	1	1	*ÜT-SIG* von Kanal A und B stimmen überein					

(Schalter *S i* in Stellung 1 bringen). Beim zweiten Übertragungsvorgang würde das Telegramm *ÜT* des Sendecomputers *MC 1* den Computer *MC 3* des Empfangsmoduls erreichen (siehe Bild 5). Die Umschaltung der Schalter *S i* erfolgt über die Steuereinheit *SE i* nachdem die notwendigen Steuersignale von den Einzelcomputern *MC i* nach dem Majoritätsprinzip verglichen wurden.

Der Ablauf der Datenein- bzw. -ausgabe ist analog zur Schaltung nach Bild 4. Die Schaltungsanordnung nach Bild 5 ist jedoch bei extrem hohen Anforderungen an die Sicherheit und Zuverlässigkeit nur dann relevant, wenn davon ausgegangen werden darf, daß das Übertragungsmedium (geschirmtes Kabel oder Lichtwellenleiter einschließlich der dazugehörigen Steckverbindungen) mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit ausfällt.

Eine vorteilhafte fehlertolerante Systemstruktur auf der Basis nach Schaltung Bild 5 zeigt Bild 6. Hier sind insbesondere die Diagnose- und die Kommunikationsbusse völlig voneinander getrennt. Die Diagnosestation wird über den zweiten Kanal des *IVGL* unabhängig von der *ZVE* mit den entsprechenden Fehler- und Diagnoseinformationen versorgt. Darüber hinaus kann im Bedarfsfall die Datenübertragung zwischen den (2 von 3)-Moduln auch über die Diagnosebusse vorgenommen werden. Die Nachbarschaftsdiagnose zwischen (2 von 3)-Moduln ist über den Diagnosebus eventuell unter Einbeziehung der Diagnosestation möglich.

Zusammenfassung

Es wurden zwei Schaltungen vorgestellt, mit denen Systemausfälle als Folge einer bestimmten Klasse von Zweifachfehlern (siehe Tafel 1) vermieden werden können. Die Ausführungen beschränken sich auf wesentliche Aspekte. Ein Nachteil der dargestellten Lösungen ist der erhöhte Zeitaufwand für die Datenübertragung (1,6–2fach). Dieser Nachteil tritt jedoch in den Hintergrund, wenn Datenübertragungsraten von etwa 1 MBd realisiert werden.

Insgesamt überwiegen die Vorteile bei der zweimaligen und eventuell zweikanaligen Datenübertragung. Diese Vorteile sind im wesentlichen:

1) Der eingesetzte intelligente Vergleicher *IVGL* (siehe [3]) ist eine völlig autarke Einheit, die bezüglich der Eingangs-/Ausgangsvergleiche der Fehler- und Diagnosemeldungen an die Diagnosestation, der Datenübertragung und des Datenangleichs die zugeordnete *ZVE* total entlastet. Während dieser Zeit kann die *ZVE* andere Aufgaben (On-line-Diagnose, Abarbeitung des Anwenderprogramms) übernehmen. Bei asynchroner Betriebsweise muß jedoch zwecks Synchronisation der Computer des (2 von 3)-Moduls ein „schnelles" *SYN*-Kommando geschaffen werden, das von der *ZVE* in bestimmten Zeitabständen (Größenordnung 50 ms) oder ereignisorientiert zu aktivieren ist. Zu dieser Zeit kann die *ZVE* keine anderen Aufgaben durchführen.
2) Vollständige Tolerierung von Einfachfehlern und zusätzlich der in Tafel 1 aufgeführten Zweifachfehler
3) Einfachfehler im Sendemodul und eine bestimmte Teilmenge von Zweifachfehlern (siehe Tafel 1) erfordern im Empfängermodul keinen Datenangleich, wie er bei den derzeitigen Konzepten (siehe Bilder 2 und 3) jedesmal erforderlich wäre. Dadurch ergibt sich eine wesentliche zeitliche Entlastung für die (2 von 3)-Mikrocomputermodule. Darüber hinaus kann der Datenangleich unabhängig von der *ZVE* realisiert werden
4) Weitere Verbesserung der Möglichkeiten zur Fehlerlokalisierung infolge der zweimaligen Datenübertragung
5) Vorteilhafte Realisierung verschiedener Übertragungsmedien bei der zweikanaligen Datenübertragung (z. B. Lichtwellenleiter bei Kanal A und geschirmte Leitung bei Kanal B; siehe Bild 4)
6) Wesentliche Erhöhung des Zuverlässigkeits- und Sicherheitsniveaus für das komplexe fehlertolerante Automatisierungssystem.

Literatur

[1] Nikolaizik, J.: Vergleicher zum Aufbau von fehlertoleranten Automatisierungssystemen. Wissenschaftlich-technische Informationen des KAAB und des KEA 19 (1983) 4, S. 162–166.

[2] Richter, K.: Realisierung von hierarchischen Multi-Mikrorechner-Systemen mit hohem Zuverlässigkeits- und Sicherheitsniveau. Wissenschaftlich-technische Informationen (VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau) 19 (1983) 1, S. 35–38.

[3] Nikolaizik, J.: Vergleicher in fehlertoleranten Mikrorechnersystemen. rfe, Berlin 35 (1986) 5, S. 290–292.

[4] Patentschrift DD 240456 A1, G06F 15/16. Informationsverarbeitungssystem mit hohem Zuverlässigkeits- und Sicherheitsniveau.

[5] Patentschrift DD 240 457 A1, G06F 15/17. Informationsverarbeitungssystem mit hohem Zuverlässigkeits- und Sicherheitsniveau.

msr 8897

Nichtlineare Reglerkonzepte entsprechend der lokalen Modellierung der Theorie ratengekoppelter Systeme

0. Einleitung

Die hier vorgestellten diskontinuierlichen Regelungskonzepte beruhen auf dem in [1] vorgeschlagenen Lotka-Volterra-Ansatz zur angewandten Systemanalyse.
In [2] wurde, basierend auf der Theorie der ratengekoppelten Systeme, ein Zugang zur Systemsimulation angegeben, der auf der konsequenten Anwendung der Zinseszinsrechnung bei der Analyse nichtlinearer Netze beruhte.
Diese Methode gestattet es nach dem Prinzip der sogenannten direkten Iteration, ein beliebiges System gewöhnlicher Differentialgleichungen durch Überführung in ein System ratengekoppelter Gleichungen sofort in ein System von Iterationsgleichungen, als Verallgemeinerung von Kettenbruchiterationen, umzusetzen.
Dieser Zugang wurde in [4] noch auf die Methode der sogenannten natürlichen Iteration, bei der die Exponentialfunktion eine grundsätzliche Rolle spielt, erweitert.
Direkte und natürliche Iteration haben den großen Vorzug, daß in sehr transparenter Weise sofort berechenbare Modelle zu dynamischen Systemen gewonnen werden. Diese Methoden erfordern keine tieferen Kenntnisse über gewöhnliche Differentialgleichungen.
In beiden Fällen handelt es sich um Näherungsmethoden, die zu überraschend genauen Resultaten führen können.
In diesem Beitrag sollen nun den Simulationsmethoden der direkten und natürlichen Iteration entsprechende einfache Regelungsprinzipien an die Seite gestellt werden, die, wie sich zeigt, eine Verallgemeinerung der bekannten Newtonschen Iterationsverfahren darstellen.
Es liegt nunmehr ein geschlossenes Konzept vor, um beliebige nichtlineare, aber auch die bekannten linearen Regelungsprobleme in recht durchsichtiger Weise bearbeiten zu können.

1. Regelungskonzepte auf der Grundlage der direkten Iteration

Nachfolgend soll über einige Möglichkeiten informiert werden, die Methode der direkten Iteration zur Formulierung einfacher nichtlinearer Regelungsprinzipien zu verwenden.
Zunächst sollen sogenannte quasilineare Regelungskonzepte vorgestellt werden. Betrachtet werde der Einfachheit halber ein Regelkreis, bei dem die Strecke ein Folgeglied mit dem Einheitsoperator ist (das Eingangssignal gelangt unverändert um einen Takt verschoben zum Ausgang der Strecke). Die Rückführung ist durch einen Rückführfaktor U bestimmt. Das Verhalten des geschlossenen Regelkreises lautet damit

$$x' = x \cdot U$$

Dabei ist x' der auf den Wert x der Regelgröße zum aktuellen Zeitpunkt im jeweils folgenden Arbeitstakt entstehende Wert der Regelgröße.
Der dynamische Rückführfaktor U enthält den vorgeschriebenen Sollwert x_s der Regelgröße x.
Nachfolgend werden vier verschieden wirkende quasilineare Regelungskonzepte vorgestellt, die später durch nichtlineare Skalierung noch stärker nichtlinear gemacht werden.

a) Schaltender Regler
Ist $x \leqq x_s$, so wird der Rückführfaktor zu

$$U = (1 + K_R \cdot x_s/x)/(1 + K_R) .$$

Ist hingegen $x > x_s$, so wird der Rückführfaktor gleich

$$U = (1 + K_R)/(1 + K_R \cdot x/x_s)$$

gesetzt. Dabei ist $K_R \geqq 0$ die sogenannte Reglerverstärkung.

b) Diskontinuierlicher Quotientenregler
Hierbei setzt man den Regelfaktor U gleich

$$U = (1 + K_R \cdot x_s)/(1 + K_R \cdot x)$$

c) Quasinewtonscher diskontinuierlicher Regler
Der Rückführfaktor wird gleich

$$U = (1 + K_R \cdot x_s/x)/(1 + K_R)$$

gesetzt.

d) Allgemeiner Quotientenregler
Für diesen Regler gilt

$$U = \frac{1 + K_{R_1} x_s/x}{1 + K_{R_2} x/x_s} .$$

Es zeigt sich, daß unter allen Bedingungen hinsichtlich der Verstärkung $K_R(>0)$ und der Anfangswerte für x der Regelkreis immer zuverlässig den Sollwert x_s anstrebt und auch erreicht. Das geschieht jedoch mit unterschiedlicher Geschwindigkeit. Diese wächst normalerweise monoton mit der Vergrößerung der Reglerverstärkung K_R.
Sehr interessant sind bestimmte Kombinationen dieser Regelungen mit nichtlinearen monotonen Skalierungen von x und x_s. Für die Skalierung wird eine beliebige monotone Funktion $g(x)$ gewählt und in die Rückführfaktoren eingesetzt, d. h., x_s wird durch $g(x_s)$ und x durch $g(x)$ ersetzt. Ein Beispiel für $g(x)$ ist die Potenzfunktion $g(x) = x^k$. Im einfachsten Regelkreis

$$x' = x \cdot U$$

ergeben sich dann interessante Erscheinungen. Und zwar beobachtet man für $k \geqq 2$ mit Erhöhung der Reglerverstärkung K_R Bifurkationen, die den bekannten Feigenbaum-Bifurkationen ähnlich sind.
Man stellt Anhäufungen zu einem Chaos durch Periodenverdopplung fest. Auf solche nichtlineare Regelungsmechanismen entsprechend der Methode der direkten Iteration stößt man z. B. auch bei der Berechnung der Wurzeln der Potenzgleichung $x^k = a$ nach der Newton-Methode.
Nach der Newton-Iteration ergibt sich hier das Iterationsschema

$$x' = x \cdot ((k - 1) + a/x^k)/k .$$

Offenbar ist das ein Beispiel für das skalierte Regelungskonzept *c*). Man erkennt das, wenn man die Newton-Iteration wie folgt umschreibt:

$$x' = x \cdot (1 + K_R \cdot x_s^k/x^k)/(1 + K_R)$$

mit

$$K_R = 1/(k - 1) .$$

Das Konzept *d*) verallgemeinert sich wie folgt

$$U = \frac{1 + K_{R_1}(x_s/x)^{k_1}}{1 + K_{R_2}(x/x_s)^{k_2}} .$$

Für $k_1 = k_2 = 2$ ist dies eine Verallgemeinerung der Widerstandstransformation in Kettenleitern (Vierpolketten).

2. Regelungskonzepte auf der Grundlage der natürlichen Iteration

Entsprechend der Methode der natürlichen Iteration bettet man die Zinseszinsfaktoren wie folgt in Exponentialausdrücke ein

$(1 + Dy)$ für $y > 0$ wird ersetzt durch $\exp(Dy)$

$1/(1 + Dy)$ für $y > 0$ wird ersetzt durch $\exp(-Dy)$.

Dementsprechend erhält man für die oben eingeführten Rückführfaktoren die folgenden Ausdrücke:

a) Schaltender diskontinuierlicher Regler

$$U = \exp(K_R(x_s/x - 1)) \quad \text{für} \quad x \leqq x_s,$$

$$U = \exp(K_R(1 - x/x_s)) \quad \text{für} \quad x > x_s$$

b) Diskontinuierliche Quotientenregler

$$U = \exp(K_R(x_s - x))$$

Das ist also nichts anderes als ein klassischer Regler, der auf die Regelabweichung

$$\Delta x = x_s - x$$

entsprechend einer exponentiellen Skalierung reagiert.

Dies kann man fast als ein bionisches Regelungsprinzip ansehen, wie folgende Überlegungen zeigen: Sensoren der Lebewesen folgen dem Weber-Fechnerschen Gesetz, nachdem die Intensität eines Reizes logarithmisch skaliert in eine entsprechend elektrische Reaktion des biologischen Rezeptors umgesetzt wird. Der empfangene Reiz ist dem Logarithmus der applizierten Reizintensität proportional. Dadurch kann eine sehr breite Skala äußerer Reize empfangen werden, und der Sensor wird zugleich gegenüber zu großen applizierten Reizleistungen geschützt. Die empfangene Reizintensität soll nun im empfangenden und weiterverarbeitenden Neuronennetz maximal wirksam werden. Hier wird ein ausgelöster elektrischer Reiz entsprechend dem Nernstschen Gesetz mit Hilfe der Exponentialfunktion reskaliert und in ein Konzentrationsverhältnis chemischer Substanzen umgesetzt, die sich in den Neuronen fortpflanzen und entsprechend bestimmter Schwellwerte zur Erregung von Neuronen führen können.

Daher versucht die obige Exponentialskalierung der Regelabweichung aus der erkannten Regelabweichung das „Beste" für die Weiterverarbeitung zu machen.

c) Diskontinuierlicher Newton-ähnlicher Regler

Hier ist entsprechend

$$U = \exp(K_R(x_s/x - 1)).$$

Auch in diesen Exponentialreglern wird man naturgemäß mit nichtlinearen Skalierungen von x und x_s arbeiten wollen. Dies geschieht in der gleichen Weise wie bei den Reglern nach der Methode der direkten Iteration.

d) Allgemeiner Quotientenregler

$$U = \exp(K_{R_1} x_s/x - K_{R_2} x/x_s).$$

3. Regelungskonzepte, orientiert auf lokale Modelle der Regelstrecke

Die Theorie der lokalen Modelle [4]

$$x(t + D) = x(t) \cdot g(D, F(x))$$

mit $F(x) = \mathrm{d}\ln x/\mathrm{d}t$, wo die erzeugende Funktion g gegebenenfalls auch von höheren Ableitungen von x abhängig ist, läßt sich auf verschiedene Arten in neue Reglerkonzepte umsetzen. Einige Grundsätze sollen hier formuliert und einige Beispiele angegeben werden.

Grundsätze:

a) Es genügt, die Regelstrecke durch ihr lokales Modell entsprechend [4] zu repräsentieren.

b) Im lokalen Modell der Regelstrecke können die Einflüsse höherer als 2. Ordnung immer als eine Schrittweitensteuerung interpretiert werden.

c) Es ist zweckmäßig, die bei der Regelstrecke wirksame Schrittweitensteuerung in entsprechender Weise, d. h. mit den Zustandsgrößen der Regelstrecke, auf das Reglergesetz zu übertragen.

d) Die Wirkung des Reglerverstärkers K_R ist nichts anderes als die Wahl eines spezifischen Reglerzeitmaßes relativ zur Dynamik der Regelstrecke.

e) PID-Regler-ähnliches Verhalten kann man in eine Reglerebene integrieren, jedoch auch in einer dreistufigen Hierarchie unterbringen, entsprechend der unterschiedlichen Rolle der getrennten P-, I- und D-Einwirkungen.

Einige Beispiele mit zunehmender Komplexität des Reglergesetzes sollen hier angefügt werden. Dabei werde die Reglerausgangsgröße mit $y(t)$ bezeichnet im Unterschied zur Regelgröße $x(t)$, der Ausgangsgröße der Regelstrecke.

I-analoger Regler

$$y(t + D) = y(t) \cdot \exp[K_I \cdot D \cdot (x_s - x(t))/y(t)]$$

PID-analoger Regler

Im Exponenten sollen analog zum bisherigen Vorgehen die kontinuierlichen Signaloperatoren stehen bleiben (sie lassen sich natürlich auch durch direkte Iteration eliminieren).

$$y(t + D) = y(t) \cdot \exp\{D \cdot [K_P \cdot (\mathrm{d}x_s/\mathrm{d}t - \mathrm{d}x(t)/\mathrm{d}t) + K_I \cdot (x_s - x(t)) + K_D \cdot (\mathrm{d}^2 x_s/\mathrm{d}t^2 - \mathrm{d}^2 x(t)/\mathrm{d}t^2)]/y(t)\}$$

PID-analoger Mehrebenenregler

$$y(t + D) = y(t) \cdot \exp\{K_D \cdot D \cdot (\mathrm{d}^2 x_s/\mathrm{d}t^2 - \mathrm{d}^2 x/\mathrm{d}t^2/y(t)) \times \times \exp[K_I \cdot D \cdot (x_s - x)/y(t) \cdot \exp(K_P \cdot D \cdot (\mathrm{d}x_s/\mathrm{d}t - \mathrm{d}x/\mathrm{d}t)/y(t))]\}$$

Die Übernahme der Schrittenweitensteuerung von der Regelstrecke in den Regler geschieht standardmäßig, indem in den obigen Konzepten die Schrittweite D durch den entsprechenden komplexeren Ausdruck ersetzt wird.

Wurde z. B. als lokales Modell die Taylor-Reihenentwicklung bis zur zweiten Ordnung angewandt (siehe [4]), so ist D zu ersetzen durch

$$D \cdot \exp\left(\frac{D}{2} F(\mathrm{d}x/\mathrm{d}t)\right), \quad F = \mathrm{d}\ln/\mathrm{d}t.$$

Wurde als lokales Modell ein Gauß-Glockenmodell eingesetzt (s. [4]), so ist D zu ersetzen durch

$$D \cdot \exp(D/2F^2(x)).$$

Entsprechend den vorgeschlagenen Konzepten kann man zwei Probleme formalisiert angehen:

a) Bestimmung günstiger Reglerparameter in Orientierung auf eine bestimmte Art lokaler Streckenmodelle

b) Entwurf optimaler Regler entsprechend einem globalen Gütekriterium durch Erarbeitung einer Bellman-Strategie für die aneinander anschließenden lokalen Modelle im zeitlichen Ablauf. Das scheint für optimale Ablaufsteuerungen (z. B. Positioniersteuerungen) durchführbar zu sein.

Die Konzeptionen wurden der Einfachheit halber nur für einvariable Regelungsprobleme dargestellt. Selbstverständlich läßt sich in analoger Weise der gesamte Formalismus auch für den mehrvariablen Fall entsprechend den Grundsatzüberlegungen entwickeln, die bereits in [2] enthalten sind.

Literatur

[1] Peschel, M.; Mende, W.: Predator-Prey Models — Do we live in a Volterra World? Berlin: Akademie-Verlag und Wien: Springer-Verlag 1986.

[2] Peschel, M.; Mende, W.; Breitenecker, F.: Anwendung der diskreten Theorie ratengekoppelter Systeme in der Regelungstechnik. msr, Berlin 30 (1987) 7, S. 322—324.

[3] Voigt, H. M.: Evolution und Optimierung. Dissertation B. AdW der DDR, 1986.

[4] Peschel, M.; Voigt, M.; Mende, W.; Breitenecker, F.: Modellbildungsrahmen von Zeitreihen als Grundlage für die Simulation dynamischer Systeme. msr, Berlin 31 (1988) 3, S. 127—128.

Prof. Dr. rer. nat. habil. M. Peschel, Dr. sc. nat. H. M. Voigt, AdW der DDR, Zentrum für Wissenschaftlichen Gerätebau; Dipl.-Math. W. Mende, AdW der DDR, Institut für Geografie und Geoökologie; Doz. Dr. F. Breitenecker, TU Wien, Institut für Technische Mathematik, Prof. Dr. techn. P. Kopacek, Johannes-Kepler-Universität Linz, Institut für Systemwissenschaften.

msr 8782

9. Fachtagung Statistische Prozeßanalyse

Am 11. und 12. November 1987 fand in Frankfurt (Oder) die 9. Fachtagung „Statistische Prozeßanalyse" der KDT unter dem weiterhin aktuellen Titel „Wege zur Beherrschung von Produktionsprozessen" statt. Mitveranstalter war die Mathematische Gesellschaft der DDR.

Die Vermittlung von praktischen Erfahrungen bei der Anwendung statistischer und datenanalytischer Verfahren zur Analyse von Produktionsprozessen verschiedener Industriezweige, die Vorstellung neuer theoretischer Aspekte bei der Modellierung von Produktionsprozessen und der gegenseitige Lernprozeß, der sich von der 1. Fachtagung bis jetzt sehr klar verfolgen läßt, sind die wesentlichen Charakteristika, die die 9. Fachtagung im besonderen Maße prägten und sie für etwa 200 Gäste aus dem In- und Ausland attraktiv machten.

In einem Übersichtsvortrag des Fachausschusses „Prozeßanalyse" (S. BERGMANN) wurden die langjährigen Erfahrungen des Fachausschusses beim prozeßanalytischen Arbeiten und bei der theoretischen Modellierung in notwendigen Voraussetzungen und dem hierarchischen Aufbau der Prozeßanalysen zusammengefaßt. Das Zusammenwirken aller Bedingungen, die den tätigen Menschen, die Technologien, die Informationsverarbeitungsmaschinen, das Material, die Modelle und methodischen Verfahren sowie das gesamte ökonomische, soziale und klimatische Umfeld betreffen, wurden umfassend und übersichtlich dargestellt.

Fragen der Weiterentwicklungen auf den Gebieten der Dimensionserniedrigung des Parameterraums bei parametrischen Modellen, der Identifizierbarkeit von Lösungen, der Vorhersage mit multivariaten zeitabhängigen Modellen, der Robustheit und der Notwendigkeit, universell verwendbare Programmsysteme zu schaffen, wurden angerissen. Eine zentrale Rolle spielten die Regressionsanalysen, einschließlich der Abhängigkeitsanalyseverfahren, wie Faktor- und Hauptkomponentenanalyse, die Klassifikationsverfahren und die Testtheorie für multivariate Hypothesen zur Gewinnung von statistischen Prozeßgleichungen.

Die Vorstellung von Experten- und Beratungssystemen zu einzelnen Fragen der Prozeßanalyse bildeten einen weiteren Schwerpunkt. Die Programmsysteme sind komplizierter und damit effektiver geworden. Die meisten Programmsysteme entstanden im Auftrag von Kombinaten. Sie gewährleisten damit eine hohe Nutzbarkeit. Vom Standpunkt der Informationsverarbeitung wurden Empfehlungen zur Entwicklung und Integration von Software für die 16-bit-Rechner speziell bezüglich der Schnittstellengestaltung und Netzwerkfähigkeit vorgestellt.

Den statistischen Verfahren zur Analyse mehrdimensionaler stationärer stochastischer Folgen wurde in einem dritten Schwerpunkt große Aufmerksamkeit bezüglich neuer theoretischer Ergebnisse (Subordination, Vorhersage) und bereits anwendbarer Verfahren gewidmet.

Methoden der Versuchsplanung, speziell der sequentiellen sowie der Varianz- und Kovarianzanalyse, bildeten einen 4. Schwerpunkt.

Ein wesentliches Merkmal der Tagung war auch, daß sehr viele Vorträge zu Computerprogrammen gehalten wurden. Dabei ging es sowohl um die Struktur als auch um die Nachnutzungsmöglichkeiten der Programme.

Die Fachtagung erwies sich wieder einmal als notwendiges Bindeglied zwischen der Anwendung und der Theorie auf dem Gebiet der Prozeßanalyse.

Die interdisziplinäre Problemstellung der Prozeßanalyse wurde auch auf dieser Tagung deutlich sichtbar.

Das Anwendungsspektrum hat sich aufgrund der zunehmenden Komplexität der Prozesse, der Verbesserung der Voraussetzungen durch Bereitstellung von Meß- und Rechentechnik sowie der anwendungsbereit vorliegenden Methoden seit der 8. Fachtagung wesentlich verbreitert. Die Bearbeiter werden nicht mehr nur mit den Ergebnissen prozeßanalytischer Berechnungen konfrontiert, sondern bearbeiten die Aufgaben oft selbst im Dialogbetrieb am Rechner. Diese Tendenz zeigte sich deutlich in den einzelnen Referaten.

Anfragen zur Fachtagung sind zu richten an den

Bezirksvorstand der KDT
Ebertusstraße 2
Frankfurt (Oder)
1200

msr 8825 P. KÜHNE

Gründung des Instituts für Automatisierung an der AdW

Am 4. Juli 1988 gab der Präsident der Akademie der Wissenschaften (AdW) der DDR, Prof. WERNER SCHELER, den Startschuß für die Arbeit eines neuen Akademie-Institutes — des Instituts für Automatisierung (IfA).

Mit der Bildung dieses Institutes folgt die AdW der Notwendigkeit und ihrer erklärten Bereitschaft, die technischen Wissenschaften entsprechend langfristigen Erfordernissen der gesellschaftlichen Entwicklung zu verstärken und anwendungsbereites Grundlagenwissen zur Bewältigung der komplexer werdenden technischen Probleme bereitzustellen.

In der Vergangenheit wurden an der AdW bereits beachtliche Leistungen für die Automatisierung erbracht. Es gibt jedoch Gebiete, die bisher weder an der AdW noch im Hochschulbereich oder in der Industrie ausreichend erforscht wurden. Für die Sicherung des langfristigen Forschungsvorlaufes auf dem Gebiet der Automatisierung erwies es sich somit als notwendig, eine Institution zu schaffen, die in der erforderlichen Breite und Tiefe die Methoden und Querschnittsprobleme der Steuerung von Anlagen und Prozessen einschließlich der informationstechnischen Gestaltung von industriellen Steuerungssystemen bearbeitet.

Diese Funktion wird das IfA in enger Partnerschaft mit Berliner Kombinaten, wie Automatisierungsanlagenbau (KAAB), Werkzeugmaschinenbau „7. Oktober" (KSOB), Zentraler Industrieanlagenbau der Metallurgie (ZIM), und dem Kombinat „Fritz Heckert" wahrnehmen.

Der Ausbau des Instituts erfolgt schrittweise in mehreren Etappen. Integriert ist das gemeinsame Robotertechnikum ZIM/AdW; geplant ist ein künftiges Automatisierungstechnikum der AdW, in dem anwendungsbereite Lösungen geschaffen und erprobt werden sollen.

Die Profilierung des IfA erfolgt vorrangig auf dem Gebiet der prozeßnahen Automatisierung von Produktionsprozessen, ausgehend von der Erarbeitung langfristiger, strategischer Automatisierungskonzepte mit dem Kernstück Steuerungssysteme bis hin zur Roboterforschung unter Einbeziehung von Diagnoseverfahren für mechanische Fertigungsprozesse, zu Problemen der Echtzeitsignalverarbeitung sowie zu wissensverarbeitenden Systemen (künstliche Intelligenz) in der Automatisierungstechnik.

Das Institut für Automatisierung organisiert seine Arbeit auf der Grundlage eigener disziplinärer Forschungen und interdisziplinärer Nutzung der Forschungsergebnisse

Bild. Auf der Gründungszeremonie erhält der vom AdW-Präsidenten berufene Direktor des IfA, Prof. H. FUCHS **(ganz links), die Glückwünsche von Kooperationspartnern aus der Industrie**
v. l. n. r.: Dr. P. SCHWANDTKE/KZIM; A. ZION/KAAB; E. BERNICKE/KEAW

Foto: PETRAS

anderer einschlägiger AdW-Institute, z. B. des Zentralinstituts für Kybernetik und Informationsprozesse und des Instituts für Informatik und Rechentechnik.
Folgende Arbeitsgebiete werden verfolgt:
Moderne **Automatisierungskonzepte** haben ihren Ursprung in einer interdisziplinären Grundlagenforschung und fixieren die Rahmenbedingungen für detaillierte und konkrete Hardware- und Softwarelösungen für die Automatisierung. Komponenten solcher Konzepte sind:

- Systemstruktur (hierarchisch, dezentralisiert)
- Hardware (Bauelemente, Geräte)
- Software
- Kommunikation (Netze).

In die konzeptionelle Arbeit sind sowohl die ökonomischen als auch die psychologischen Gesichtspunkte der Automatisierung einzubeziehen.
Unter **automatischen Steuerungssystemen** sollen hier maschinennahe Steuerungssysteme, z. B. für Werkzeugmaschinen, Roboter und Fertigungszellen, und Prozeßsteuerungen verstanden werden, die auch autonom genutzt werden können:

- numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen (NC-Maschinen auf der Basis von leistungsfähigen Rechnern)
- Steuerungen für flexible Roboter, autonome Roboter, Handhabegeräte und kooperierende Roboter
- Steuerungen für Fertigungszellen auf der Grundlage von Mehrrechnersystemen
- Prozeßsteuerungssysteme (nichtnumerische Steuerungen) für die Automatisierung von kontinuierlichen Prozessen.

Dazu zählen die Untersuchung und Auswahl entsprechender Rechner- und Buskonzepte, die Konzipierung und Simulation von Prototyplösungen der Hauptkomponenten des Systems sowie die Untersuchung und Schaffung geeigneter Echtzeitbetriebssysteme, problemorientierter Programmiersprachen und geeigneter Datenübertragungsverfahren.
Industrieroboter (IR) mit ausgebauten sensorischen und prozeß- und umweltadaptiven Eigenschaften sind die flexibelsten Elemente in der automatisierten Fertigung. Besonderer Schwerpunkt ist die Montageautomatisierung. Zu den Forschungsvorhaben zählen:

- Schaffung von theoretischem und experimentell verifiziertem Vorlauf für den Robotereinsatz
- intelligente sensorisierte Greif- und periphere Technik für Roboter
- intelligente Sensorsignalvorverarbeitung mit Software- und Hardwareschnittstellen zur Steuerung
- kooperierende und selbstkoordinierende Robotersysteme (Entwicklung von lernfähigen Echtzeitsteuerungs- und Regelungsalgorithmen, Grundsätze für die Handlungsplanung autonomer Roboter).

Mit dem **Robotertechnikum** steht ein wirksames Mittel zur Verknüpfung von Grundlagen- und angewandter Forschung mit der Erzeugnisentwicklung von Industriepartnern zur Verfügung, das die Überleitung von ausgewählten Forschungsergebnissen zur Automatisierung von Fertigungsprozessen zum Ziel hat. Schwerpunktaufgaben sind hierbei:

- automatisierte Modellierung von IR und technologischen Einheiten
- Entwicklung und Anwendung intelligenter Kraft-Moment-Sensoren
- Einsatz intelligenter Bildverarbeitungssysteme
- Prüfmethoden und meßtechnische Verfahren für IR-Parameter.

Im Fachgebiet **Diagnose automatisierter mechanischer Fertigungsprozesse** werden folgende zwei Hauptrichtungen verfolgt:

- Fertigungsintegrierte Meßtechnik und Qualitätssicherung
- Diagnose von Fertigungsprozessen auf der Grundlage tribologischer Effekte.

Zu bearbeitende Schwerpunkte sind:

- Interferometrisches Meßsystem für die computerunterstützte Erfassung von Mikroprofilen bei der Ultrafeinbearbeitung (in Abstimmung mit ZKI und ZWG der AdW)
- Untersuchungen zur Weiterverarbeitung gemessener Rauhigkeitswerte hinsichtlich Prozeßdiagnose
- theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Erfassung von Makroprofilen und makroskopischen Defekten mittels strahlenoptischer Verfahren.

Auf dem Gebiet der **Echtzeitsignalverarbeitung** stehen folgende Aufgaben zur Lösung an:

- Echtzeitanalyse-Hilfsmittel und Softwarehilfen zur Beherrschung der jeweils modernsten perspektivischen Bauelemente
- echtzeitfähige Näherungen für verfeinerte Hochstrategien, wie experimentelles Lernen, Lernen in mehreren Hierarchie-Ebenen, Erkennen von Alternativen
- Nutzung höherer Sprachen für Echtzeitprobleme ohne wesentliche Verluste an Rechengeschwindigkeit
- Aufbau einer optionalen Analysehierarchie neben der eigentlichen Steuerhierarchie als Voraussetzung für den Anschluß von Expertensystemen an den Echtzeitprozeß
- „Bus-Stealing" und Uminterpretation von Zustandsaussagen für Echtzeitsteuerungen.

Die Forschungsergebnisse sind eng mit praktischen Problemen von Industriepartnern gekoppelt und gehen u. a. in Steuerungssysteme und Robotertechnik ein.
Das Ziel für die Arbeit des neuen Instituts für Automatisierung, zu dessen Direktor Prof. Dr. sc. techn. HANS FUCHS berufen wurde, ist eine ausgewogene Relation zwischen Grundlagenforschung und definierten Aufgaben der angewandten Forschung auf dem Gebiet der Automatisierung.

msr 8959 H. FUCHS

Wir schließen uns den guten Wünschen vieler Fachkollegen für eine erfolgreiche Arbeit des neuen Akademie-Instituts unter der Leitung unseres Redaktionsbeiratsmitglieds, Prof. H. FUCHS, *an.*

D. WERNER, J. WEDE

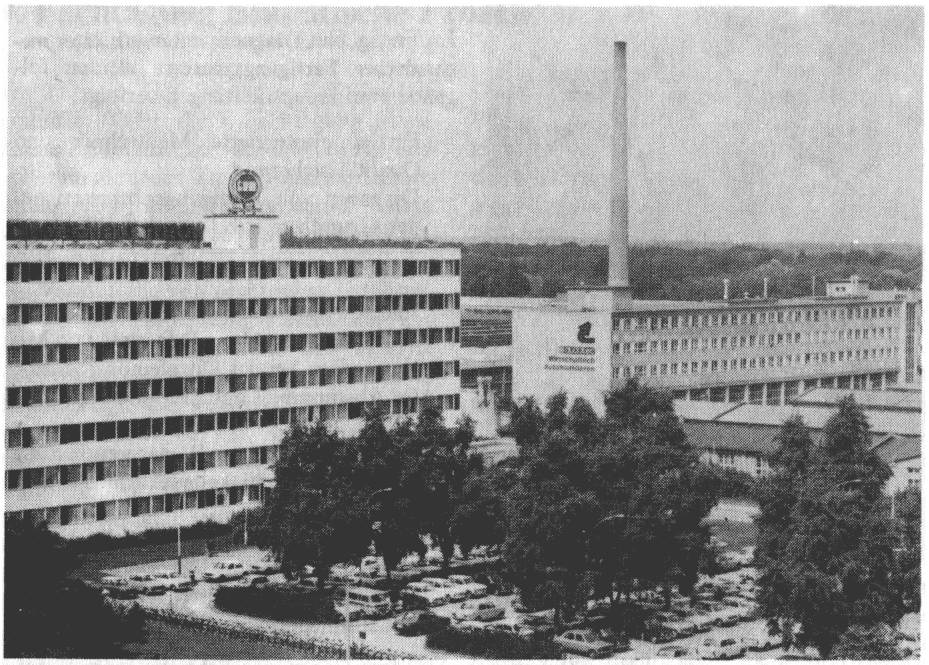


Bild 1. Blick auf das GRW
Werkfoto: OCHLAST

VEB Geräte- und Regler-Werke „Wilhelm Pieck" Teltow

Mit dieser Folge unserer Beitragsserie „msr stellt vor" möchten wir Ihnen, verehrte Leser, erstmals einen Industriebetrieb präsentieren. Der VEB Geräte- und Regler-Werke „Wilhelm Pieck" Teltow (GRW), Betrieb des VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau (KAAB) (Bild 1), feierte, 1988 sein 40jähriges Bestehen — Anlaß genug, dieses Jubiläum auch in der msr zu würdigen. Gesprächspartner waren der Betriebsdirektor des GRW, Ing. LOTHAR STARKE (Bild 2), und der Direktor für Technik, Dr.-Ing. GERD CHEMNITZ (Bild 3).

msr:
Den Gepflogenheiten unserer Beitragsserie folgend bitten wir Sie zunächst, sich den Lesern vorzustellen.

L. STARKE:
1936 wurde ich in Berlin geboren. Ich habe nach dem Abitur in Dresden und Jena BMSR-Technik studiert und 1962 als Ingenieur abgeschlossen. Dem VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow gehöre ich bereits seit 1958 an. Nach dem Studium wurde ich hier Direktor für Produktion, später Direktor für Forschung und Entwicklung und danach Direktor für Projektierung und Außenwirtschaft. Seit August 1983 bin ich Betriebsdirektor des GRW Teltow. Ich habe viele Jahre (bis 1984) im Zentralen Arbeitskreis (ZAK) Steuerungs- und Regelungstechnik mitgearbeitet und bin Mitglied des Redaktionskollegiums der „Technische Informationen Automatisierungsanlagen — Elektroenergieanlagen" des KAAB (früher des GRW Teltow).

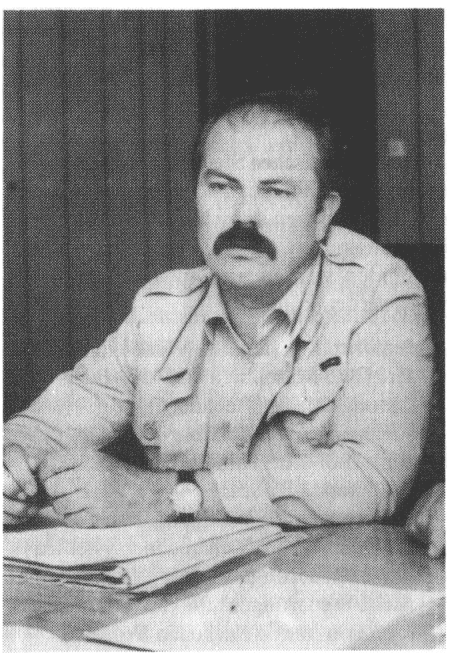
Dr. CHEMNITZ:
Geboren wurde ich 1943 in Limbach/Sa. Von 1962 bis 1967 studierte ich am Polytechnischen Institut Odessa/UdSSR Automatisierungs- und Fernwirktechnik. Anschließend wurde ich Mitarbeiter des GRW Teltow. Bis 1972 arbeitete ich vorwiegend als Offertingenieur Projektierung, in der Wissenschaftsprognose und als Gruppenleiter Export. Von 1972 bis 1977 war ich im Vereinigten Kernforschungsinstitut Dubna/UdSSR als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig. In diesen Zeitraum fällt auch meine Promotion A auf dem Gebiet der Prozeßautomatisierung, die ich 1976 beendete. Von 1977 bis 1984 arbeitete ich (wieder im GRW) als Abteilungsleiter Meßumformerentwicklung. Seit 1985 bin ich Direktor für Technik mit dem Hauptbetätigungsfeld Forschung und Entwicklung. Ebenfalls seit 1985 arbeite ich in der Nachfolge von Direktor STARKE im ZAK Steuerungs- und Regelungstechnik mit. Ich bin Vorsitzender unserer KDT-Betriebssektion.

msr:
Im Juli dieses Jahres konnte Ihr Betrieb auf sein 40jähriges Bestehen zurückblicken. Sicher gibt es Interessantes aus der Historie zu berichten?

L. STARKE:
Am 15. Juli 1948 wurde auf der Grundlage von Enteignungsurkunden der Firmen „Askania Feinmechanik und Optik GmbH" und „Heinrich List, Werke für Elektrotechnik und Mechanik Teltow" der VEB Mechanik Askania Teltow, wie unser Be-

Bild 2. Betriebsdirektor L. STARKE

Bild 3. Direktor für Technik Dr. G. CHEMNITZ
Werkfotos: OCHLAST



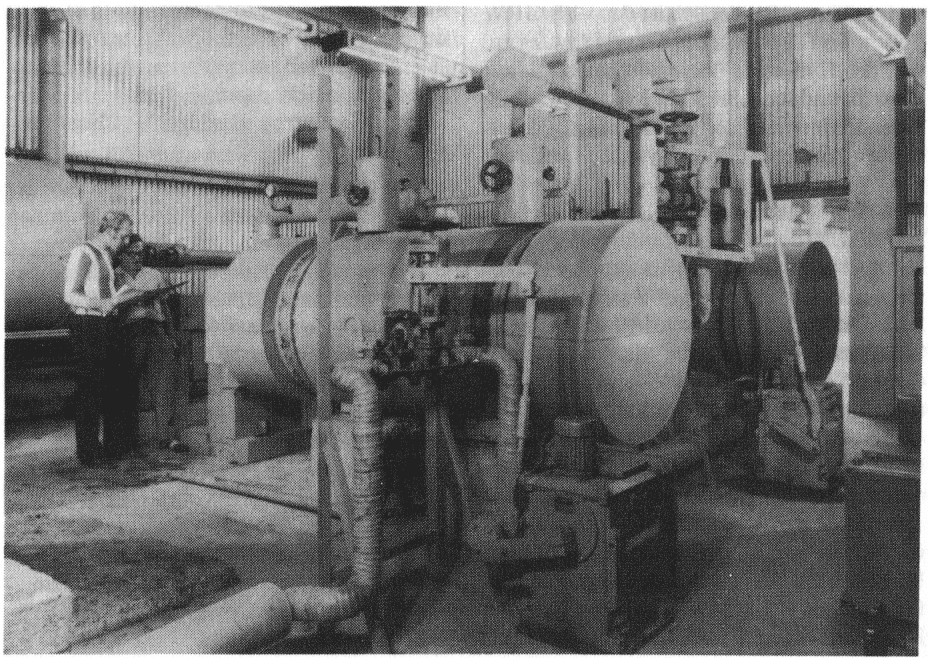
trieb bis 1954 hieß, gegründet. Es kam bald zur Aufnahme von Kooperationsbeziehungen mit dem VEB Meßgerätewerk Treuenbrietzen. Am 7. Juli 1954 wurde unser Betrieb in VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow umbenannt und 1959 wurde ihm der VEB Meßgerätewerk Treuenbrietzen als Betriebsteil angegliedert. Bereits in dieser 1. Etappe unseres Betriebes, die den Zeitraum von 1948 bis 1961 überdeckte, wartete GRW mit volkswirtschaftlich bedeutsamen Produkten auf. Ich erinnere hier nur an unseren hydraulischen Reglerblock (Bild 4), der verbreitet bis heute seine Schuldigkeit tut — einen Strahlrohr-Regler, der später mit Elektronikbaugruppen komplettiert wurde. Man muß wohl sagen, daß die Hydraulik die erste Automatisierungsbasis überhaupt darstellte, um Einrichtungen und Anlagen der damaligen Zeit (Wärmekraftwerke bis 50 MW, Teilanlagen chemischer und metallurgischer Betriebe), für die $\leqq 100$ Meßstellen und $\leqq 100$ m Übertragungsentfernung typisch waren, mit BMSR-Technik auszurüsten.

Mit der Entwicklung der DDR und den daraus resultierenden ökonomischen Grundsatzbeschlüssen wuchsen die Anforderungen an die BMSR-Technik. Typische Übertragungsentfernungen wurden bald mehrere 100 m. Demgemäß wurden die hydraulischen Regelungssysteme durch elektrische Zusatzbausteine zur Fernbedienung und Signalübertragung unter Benutzung von Magnetverstärkern ergänzt. Um diesem erweiterten Aufgabenspektrum entsprechen zu können, war es notwendig, das (z. T. aus den Vorgängerbetrieben stammende) breite Produktionssortiment sukzessive einzuschränken und auf die Belange der BMSR-Technik zu konzentrieren. So wurde beispielsweise das GRW-Kombi-System, ein komplettes Automatisierungssystem der Normaldruckpneumatik (Entwicklerkollektiv um H. Bittner und D. Drews), das aus Meßumformern, Reglern (mit Zubehör) und pneumatischen Stellmotoren bestand, später in den VEB Reglerwerk Dresden verlagert. Ähnliche Überführungen wurden natürlich mit artfremderen Erzeugnissen (z. B. Auswuchtmaschinen, Dreikomponententische, Glasspannungsprüfer usw.) vorgenommen. Nur so war die planmäßige Entwicklung zu einem führenden Betrieb der Automatisierungstechnik der DDR durchführbar. Immerhin hatte GRW bis 1961 schon solche volkswirtschaftliche Großvorhaben, wie das Eisen- und Hüttenkombinat Ost (EKO), das Eisenhüttenkombinat West (Calbe), die Großkokerei Lauchhammer, das EVW Schwedt, Leuna II, das Chemiefaserwerk Guben, das Gipsschwefelsäurewerk Coswig/Anhalt, die PVC-Fabrik im ECW Bitterfeld, das Kombinat Schwarze Pumpe, den Atomreaktor Rossendorf, und auch Hochseefrachtschiffe mit Automatisierungseinrichtungen versorgt und war darüber hinaus mit Exportlieferungen betraut.

Die zweite Etappe in der Entwicklung des GRW, die sich von 1962 bis 1970 datieren läßt, wurde mit einem Beschluß des damaligen Volkswirtschaftsrates der DDR vom 19. 9. 1962 eingeleitet, demzufolge die Aufgaben des GRW wesentlich erweitert wurden. Es kam unter der Leitung des GRW zur Bildung des „Zentralen Anlagenbaus der BMSR-Technik" (ZAB). Dies ging übrigens auch als Untertitel in unseren Firmennamen ein. Zum Stammwerk GRW Teltow wurde ein Netz von Betriebsteilen und Außenstellen geschaffen, das die DDR weitflächig abdeckte. So konnten die Kontakte mit den Auftraggebern intensiviert, die Baustellenorganisation günstig beeinflußt und der Service für die Anwendung effektiver gestaltet werden. Wir wollen hier nur daran erinnern, daß wir 1963 in Stralsund einen Betriebsteil mit einem Fertigungsgebäude für die Produktion nautischer und ozeanographischer Erzeugnisse aufbauten, der dann 1971 im Rahmen der weiteren Spezialisierung dem VEB Schiffselektronik Rostock angegliedert wurde. 1969 wurden die VEB Vereinigten Babelsberger Werkstätten mit der Aufgabenstellung, die Fertigung von Volumen- und Durchflußmeßeinrichtungen zu übernehmen, dem GRW Teltow angeschlossen, und 1970 übernahmen wir den VEB Intron Leipzig in unseren Leipziger Betriebsteil. In jener zweiten Etappe des GRW, die mit der Bildung des ZAB zu einem sprunghaften Anstieg von Produktion und Produktivität führte, gab es eine Reihe wichtiger Gerätesysteminnovationen. Ich denke hier z. B. an das unter der Leitung von V. Ferner entwickelte unalog-System, ein digital und analog arbeitendes Bausteinsystem der Niederdruckpneumatik, das alle Informationsverarbeitungsstufen umfaßte und eine wichtige Basis für das gesamte Chemieprogramm darstellte. Die beginnenden 60er Jahre sind eng mit Entwicklung des universellen RGW-Systems für die automatische Überwachung, Regelung und Steuerung (URS) verbunden, dessen nationale Variante das ursamat-System war, das als Systemkonzept die Produktion moderner Automatisierungsanlagen und -geräte in der DDR entscheidend prägte. GRW fiel dabei vor allem die Aufgabe zu, die Entwicklung des Systemzweiges ursakont (Prozeßmeßtechnik) voranzutreiben, speziell die beiden Säulen ursapond k — ein System kraftkompensierender Meßumformer für Druck und Differenzdruck mit elektrischem oder pneumatischem Ausgangssignal — und ursaflux — ein System für die industrielle Flüssigkeitsmengenmessung mit den Hauptkomponenten Wälzkolben- und Woltmanzähler. Besondere Verdienste bei der Entwicklung dieser Erzeugnisse erwarb sich unser Kollege Dr. W. Britall, Mitglied des Forschungsrates der DDR und „Verdienter Erfinder", der ja bis zu seinem Tode vor zwei Jahren auch aktives Mitglied des Redaktionsbeirates Ihrer Zeitschrift war. Gemeinsam mit dem damaligen Institut für Regelungstechnik Berlin wurde in jenen Jahren auch ein erstes elektrisches Automatisierungssystem geschaffen, mit dem dann u. a. die Kraftwerke Lübbenau und Lippendorf ausgerüstet wurden. Weitere markante Automatisierungslösungen dieser Zeit betrafen die chemische Industrie (z. B. Leuna, Buna, Wolfen, Bitterfeld), die Kunstfaserindustrie (Schwarza, Premnitz, Guben) oder die Metallurgie (Eisenhüttenstadt, Riesa), zumal inzwischen auch die ersten Prozeßrechnersysteme PR 1000 und PR 2000 zur Verfügung standen.

Die dritte „GRW-Epoche" umfaßte den Zeitabschnitt von 1971 bis 1983. Auf der Grundlage der Beschlüsse des VIII. Parteitages der SED 1971 mit dem Ziel der Gestaltung der entwickelten sozialistischen Gesellschaft entstand die Forderung nach dem Einsatz der Automatisierung zur umfassenden Modernisierung ganzer technologischer Prozesse. Damit wurde der Übergang von einzelnen Problemlösungen zu

Bild 4. Hydraulische Reglerblöcke mit Fernbetätigung in einem Heizkraftwerk (Foto: DEWAG-Werbung)



universell einsetzbaren automatisierungstechnischen Systemlösungen notwendig. Erstes fruchtbares Ergebnis dieser Bemühungen war das System ursamat K 4000, ein komplettes Erzeugnissystem Automatisierungsanlage auf Basis des Gerätesystems ursamat, in das erstmalig die Prozeßrechentechnik, konkret der Prozeßrechner PR 4000, einschließlich der benötigten Software integriert waren.
In diesem Zusammenhang muß unbedingt auch unser Katalogwerk für komplette Automatisierungsanlagen erwähnt werden. Es umfaßt

- den Katalog Automation Bauteile (KAB)
- den Katalog Automation Funktionssysteme (KAFS)
- den Katalog Automation Projektierungsvorschriften (KAPV)
- den Katalog Automation Software (KAS) (seit Einführung des Prozeßleitsystems audatec)

und enthält Wiederhol- und Typenlösungen. Beispielsweise sind im Katalog Automation Bauteile 10^9 Erzeugnisvarianten EDV-gerecht gespeichert und jederzeit abrufbar. Durch gesetzliche Grundlagen wurde dieses Katalogwerk für die DDR als verbindlich erklärt. Dabei wurden die theoretischen Grundlagen für die Kataloge von den Bereichen Forschung und Entwicklung sowie Projektierung des GRW im Verein mit Hochschulen und der AdW der DDR (vor allem TH „Carl Schorlemmer" Leuna-Merseburg, TH Ilmenau, TH bzw. TU „Otto von Guericke" Magdeburg, ZKI Dresden) geschaffen. Unsere Arbeitsergebnisse jener Zeit kamen u. a. im Rahmen der Kraftwerksautomatisierung (500-MW-Kraftwerksblöcke in Hagenwerder und Boxberg, KKW Nord Greifswald-Lubmin), bei Erdöl- und Erdgastrassen, im Palast der Republik und im Berliner Pionierpalast, aber auch in Kaufhallen und Gesellschaftsbauten Berlins zum Tragen. Eine neue Qualität erfuhr auch die Produktion der Meßumformer, die ab 1971 durch kugelschrittgesteuerte Drehautomaten automatisiert gefertigt wurden. Bald erfolgte dann die Einführung von NC-Dreh- und Fräsmaschinen. 1981 schließlich wurde der erste durch den eigenen Rationalisierungsmittelbau geschaffene Industrieroboter eingesetzt, in dessen Folge das Fertigungsbild des Betriebes entscheidend verändert wurde. Der Umbruch zu Produktionsnestern, bedienarmen Fertigungsabschnitten und integrierten, gegenstandsspezifischen Fertigungszellen wurde eingeleitet.
Ein wesentliches Datum in diesem Zeitraum ist der 1. 1. 1979, an dem der VEB GRW Teltow in das Kombinat Automatisierungsanlagenbau eingegliedert wurde. Seither führen wir den Namen: VEB Geräte- und Regler-Werke „Wilhelm Pieck" Teltow, Betrieb des VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau.
Der Zeitabschnitt seit 1983 ist durch einen umfassenden Innovationsprozeß gekennzeichnet, der alle Haupterzeugnisgruppen des Betriebes umfaßt. Dank des Einsatzes

Bild 5. Leitstand des Großklärwerks Berlin-Nord
Foto: MÜLLER/STRAUBE

von Schlüsseltechnologien hatten wir in den zurückliegenden Jahren hohe Erneuerungsraten der Produktion und konnten unser heutiges Produktionsprofil durchsetzen. Hierbei sind insbesondere die vier Erzeugnislinien

- Automatisierungsanlagen (Prozeßleitsystem audatec)
  (Anteil an der Gesamtwarenproduktion 70%)
- Betriebsmeßtechnik (audapas: Meßumformer und Druckwandler, audaflux: Wälzkolben- und Woltmanzähler, Wärmemengenrechner) (16%)
- Konsumgüter (10%)
- Eisenbahnsicherungstechnik (Erzeugnissystem „Punktförmige Zugbeeinflussung PZ 80) und sonstige (4%)

zu nennen, über die wir sicher noch detaillierter sprechen werden.
Soviel vielleicht zur Geschichte des GRW, die eng mit der historischen Entwicklung der Automatisierungstechnik in der DDR verbunden ist. Schließlich ist der VEB GRW Teltow **der** DDR-Betrieb, der von Anfang an, von der Hydraulik über die Pneumatik zur Elektrik und schließlich zur Mikroelektronik unter Einbindung der Rechentechnik, komplette Automatisierungssysteme gefertigt hat.
Folgerichtig hat sich unser Kaderbestand von 500 Beschäftigten bei Gründung des GRW auf über 8000 heute entwickelt. Dazu kommen etwa 500 Lehrlinge. Zwischenzeitlich hatten wir sogar schon 13000 Mitarbeiter. Infolge der Ausgliederung der Betriebsteile Cottbus und Leipzig als eigenständige Betriebe des Kombinates im Jahre 1984 und der Ausgliederung des Betriebsteils Berlin in den Stammbetrieb des Kombinates Automatisierungsanlagenbau 1985 erlangten wir unsere heutige Mitarbeiterzahl. Dabei sind wir auf das hohe Ausbildungsniveau unserer Beschäftigten besonders stolz, denn wir verfügen über 58,0% Facharbeiter, 10,6% Hochschulkader, 17,8% Fachschulabsolventen und 3,3% Meister. Nur etwa 10% unserer Mitarbeiter sind Beschäftigte mit Teilberufsausbildung. Und wir freuen uns auch darüber, daß mehr als 40% unserer Erzeugnisse das Gütezeichen Q tragen.

msr:
Damit sind wir schon mitten drin in der Gegenwart. Bitte geben Sie uns einen Überblick über das heutige Produktionsprofil des GRW.

L. STARKE:
Unsere Haupterzeugnislinien hatte ich bereits kurz angeführt. Ich möchte das jetzt vertiefen.
Der Komplex **Automatisierungsanlagen** ist untrennbar mit unserem Prozeßleitsystem **audatec** verbunden, an dessen Entwicklung u. a. Ihr Redaktionsbeiratsmitglied Prof. P. NEUMANN, heute o. Professor an der TU „Otto von Guericke" Magdeburg, maßgeblichen Anteil hatte. Aber auch unser Entwicklerkollektiv um U. SCHNELL muß hier genannt werden. Das System audatec auf der Basis des Mikrorechners K 1520 dient der optimalen Prozeßführung verschiedenster Anlagenvarianten (Autonome Automatisierungseinrichtungen, Kleinverbundanlagen, Großverbundanlagen). Charakteristisch sind:

- Der modulare Aufbau der Hardware ermöglicht die optimale Anpassung an den jeweiligen Prozeß.
- Der modulare Aufbau der Software basiert auf einem umfangreichen Satz von Funktionsmodulen. Komplexe Verarbeitungsalgorithmen sind in einer einfachen, den Denkgewohnheiten des Automatisierungstechnikers angepaßten Notationsform realisierbar.
- Die Bedien- und Informationshierarchie gewährleistet einen vollständigen Überblick über jede Prozeßsituation.
- Die funktionelle Dezentralisierung gewährleistet ein angepaßtes Redundanzkonzept und damit eine Anlagenverfügbarkeit von nahezu 100%.

Bild 6. Der Leitstand des Prozeßleitsystems audatec im PCK Schwedt
Foto: MÜLLER/STRAUBE

- Die Selbstüberwachung und die Fehlereigendiagnose sichern kurze Fehlersuch- und Reparaturzeiten.
- Änderungen des Betriebsregimes der technologischen Anlage sind im Rahmen der Systemkommunikation leicht ausführbar. Während des laufenden Betriebs können Strukturänderungen on line durchgeführt werden.

Dabei sind den Funktionen der Automatisierungsanlage drei funktionell und räumlich trennbare Hierarchieebenen zugeordnet:

— Dem **Prozeßbereich** ist die *prozeßnahe Informationsverarbeitung* zugeordnet. Repräsentative Vertreter dieser Ebene sind die Basissteuereinheiten. Als Redundanz für den Störfall werden Reservebasissteuereinheiten eingesetzt. Die zu stützenden Funktionen sind frei projektierbar.
— Zum **Wartenbereich** gehört die *Prozeßleit- und Kommunikationsebene.* Sie dient der Prozeß- und Systemkommunikation sowie anlageninternen Organisationsaufgaben. Ihre Vertreter sind Bedienpulte mit Tastatur und Monitor, Reservepulte für die projektierbare Redundanz und Datenbahnsteuerstationen.
— Der **Führungsbereich** ist durch die *Betriebsleit- und Dispatcherebene* gekennzeichnet. Hier werden übergeordnete Funktionen, wie Optimierung, Bilanzierung und umfangreiche Dokumentationen, realisiert. Vertreter sind Koppeleinheiten zum Großrechneranschluß sowie Wartenrechner (Prozeßrechner), die über die Datenbahnen die Basissteuereinheiten zur Prozeßankopplung nutzen und damit auch zu den einzelnen Einheiten direkten Zugriff haben.

Unser Prozeßleitsystem audatec, das wir in Ihrer Zeitschrift in den Heften 4/87 und 6/88 umfassend vorgestellt haben, wird seit 1984 gefertigt und ständig weiterentwickelt (z. B. Übergang zur 16-bit-Technik). Seine Eignung für den Einsatz in verschiedenen technologischen Linien (chemische und verfahrenstechnische Anlagen, Kraft- und Heizwerke, Anlagen der Wasserwirtschaft und Umweltschutzobjekte, metallurgische Anlagenkomplexe) wird durch wichtige, realisierte Anwendungen ausgewiesen, von denen hier nur folgende erwähnt werden sollen:

— **Kläranlage Berlin-Nord** (Bild 5)
Sie ist eine der größten und modernsten kommunalen Abwasserreinigungsanlagen Europas. Für die Bearbeitung von etwa 1750 Meß-, Steuer- und Regelstellen kam eine audatec-Großverbundanlage zum Einsatz.
— **Chemiefaserwerk Premnitz**
Zur Herstellung von Kornaktivkohle wurde in einer industriellen Versuchsanlage eine audatec-Großverbundanlage eingesetzt. Für die technologischen Teilsysteme Drehrohrofen mit Abhitzekessel, Wasch- und Wägeeinrichtung, Trockenofen und Fördersysteme wurden über etwa 650 Kommunikationsstellen die Aufgaben Informationserfassung, Ablaufsteuerungen und Regelungen realisiert.
— **PCK Schwedt** (Bild 6)
Zur Herstellung von Terephtalsäure in einer PTA-Anlage wurde eine umfangreiche audatec-Anlagenkonfiguration, bestehend aus drei über einen Großrechner miteinander kommunizierenden Subsystemen, installiert.
— **Papier- und Kartonwerk Schwedt**
Dank der umfassenden Rekonstruktion einer Zeitungsdruckpapiermaschine unter Einbeziehung einer audatec-Großverbundanlage für die Verarbeitung von etwa 2000 Informationen konnten technische Parameter erzielt werden, die die Maschine zu einer der leistungsfähigsten in der Welt werden ließ.
— **Heizwerk Bautzen**
Zu einer bereits bestehenden konventionellen Grundausrüstung für 3 Schwingrost-Dampferzeuger mit einer Leistung von je 40 t/h wurde eine autonome Automatisierungseinrichtung mit paralleler Bedienbarkeit nachgerüstet. Die verwendete Struktur zur Regelung der Dampferzeugerleistung, eine vermaschte Regelung aus 9 Einzelreglern, hat sich über weite Lastbereiche bewährt.
— **Flachglaskombinat Torgau**
Hier wurde eine Floatglasanlage mit einer audatec-Kleinverbundanlage bestückt, die alle Steuerungen und Regelungen der Medienversorgung ausführt und zuverlässig einen kontinuierlichen Produktionsausstoß von hochwertigem Spiegelglas sichert.

Das mag an Einsatzbeispielen für audatec genügen. Dieses ausschließlich auf mikroelektronischer Basis arbeitende Automatisierungssystem hat seine Praxisrelevanz hinlänglich unter Beweis gestellt. Bisher wurden 1174 audatec-Einheiten kommerziell vertrieben.

Unsere zweite Haupterzeugnislinie betrifft die **Prozeß- oder Betriebsmeßtechnik.** Hierbei verfolgen wir zwei wesentliche Produktlinien. Zum einen sind das unsere Geräte der Druckmeßtechnik auf Halbleitersensorbasis **audapas**, sowohl Meßumformer für Druck und Differenzdruck als auch Druckwandler, zum anderen ist das unser Gerätesystem zur Volumen- und Durchflußmessung **audaflux.** Es handelt sich um sehr häufig auftretende Meßgrößen, für die wir die Gerätetechnik bereitstellen. Beispielsweise können bis zu 40 % aller Meßstellen in einer Automatisierungsanlage den Druck betreffen. Unsere Gerätefamilie audapas (Bild 7), um deren Entwicklung sich besonders unser jetziger Direktor für Technik, Dr. G. CHEMNITZ, und Dr. R. WERTHSCHÜTZKY verdient gemacht haben, basieren auf einem piezoresistiven Wirkprinzip. Sie arbeiten robust und präzis. Technische Merkmale sind u. a.

— hohe Meßgenauigkeit
— große Langzeitstabilität
— Lageunabhängigkeit
— Schwingungs- und Stoßfestigkeit
— Unempfindlichkeit gegen pulsierende Meßdrücke
— Kompatibilität der elektrischen und mechanischen Anschlußwerte zu internationalen Standards
— hohe Zuverlässigkeit
— weitestgehende Wartungsfreiheit.

Die Haupteinsatzgebiete für unsere audapas-Geräte liegen in der Prozeßautomatisierung der technologischen Linien:

- chemische und verfahrenstechnische Anlagen
- Kraftwerke/Heizwerke
- Wasserwirtschaft/Umweltschutz.

Aufgrund der genannten Präzisions- und Robustheitseigenschaften und der Unempfindlichkeit gegen aggressive Medien können unsere Meßumformer und Druckwandler auch in explosionsgefährdeten Einrichtungen, in Kernkraftwerken, in der Meteorologie, in der Labormeßtechnik, zur Betriebs-

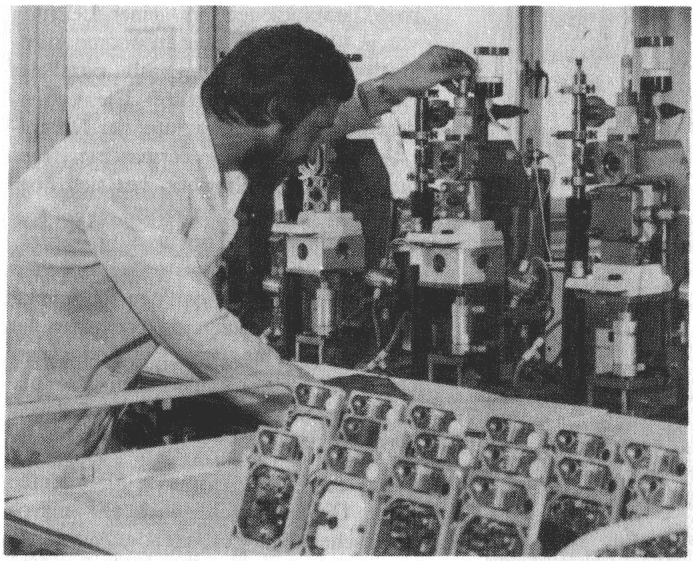


Bild 7.
Evakuierungs- und Ölfüllplatz der audapas-Meßumformer
Werkfoto: OCHLAST

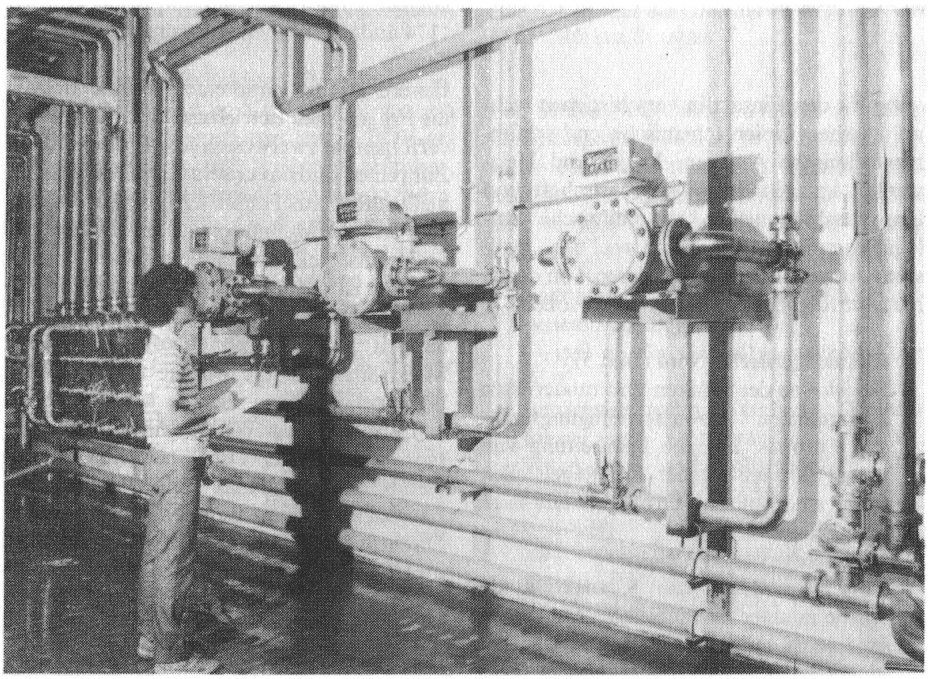


Bild 8. Einsatz von audaflux-Wälzkolbenzählern in einer Zuckerfabrik der Republik Kuba
Foto: CURTH/TABBERT

überwachung stationärer und auf Fahrzeugen bzw. Schiffen befindlicher Motoren und Aggregate oder zur Technischen Diagnostik in allen Wirtschaftsbereichen verwendet werden. Einen detaillierten technischen Überblick über diesen Komplex finden Ihre Leser in dem Beitrag von LÖFFLER/WERTHSCHÜTZKY in den Heften 5 und 7/87 Ihrer Zeitschrift.

Um unser Gerätesystem audaflux (Bild 8) haben sich besonders unsere Mitarbeiter K. GÖTZE und W. SEIFERT Verdienste erworben. Bei den Wälzkolbenzählern handelt es sich um eichfähige Volumen- und Durchflußmeßgeräte, die für den rechtsgeschäftlichen Verkehr zugelassen sind. Sie werden vor allem in der chemischen und petrolchemischen Industrie, in Kraftwerken, auf Schiffen und in der Nahrungs- und Genußmittelindustrie eingesetzt.

Unsere Woltmanzähler dienen zur Verrechnung von kaltem und heißem Wasser in der kommunalen und industriellen Wasserwirtschaft. Werden sie mit einem Wärmemengenrechner WR 5 bzw. WR 6 und zwei Widerstandsthermometern kombiniert, ergibt sich eine zur Eichung zugelassene Wärmemengen- und Wärmeleistungsmeßeinrichtung.

Grundsätzlich orientieren wir darauf, in unsere Meßeinrichtungen die Mikroelektronik zu integrieren. Damit sind wir eindeutig auch auf dem Weg zu intelligenten Meßgeräten und -systemen. Als Voraussetzung dafür haben wir im Betrieb eine moderne rechnergestützte Fertigung geschaffen.

Ergänzend möchte ich noch etwas zu unserer Konsumgüterproduktion sagen. Mit einem Anteil von etwa 10% an der Gesamtproduktion des Betriebes werden wir unserem gesellschaftlichen Auftrag gerecht. Dabei fertigen wir so beliebte Erzeugnisse wie unseren Kontaktgrill K 1600 S/W (1987 mit der Rekordstückzahl von 130000), ab 1989 den Kontaktgrill griwet 100WD mit neuem Design und getrennt regelbaren Heizplatten, Warmhalteplatten vom Typ thermotel 200, einen Rasenmäher mit Benzinmotor R 400, elektronische Modellbahnsteuerbausteine MBS oder Sprungkontaktregler als Zulieferbausteine für elektrische Konsumgüter. Diese Erzeugnisse haben große Verbreitung gefunden.

msr:
Bei einem derart weitreichenden Erzeugnissortiment werden Sie sicherlich den Herstellungstechnologien in Ihrem Werk große Aufmerksamkeit schenken. Welchen Stand haben Sie hier erreicht?

Dr. CHEMNITZ:
Das ist ein ganz wichtiger Punkt, und es klang ja auch schon an, daß wir um kontinuierliche Verbesserungen in Technologie und Organisation der Produktion intensiv bemüht sind. Der Zeitraum von 1948 bis 1980 war durch *punktuelle betriebliche Rationalisierungsmaßnahmen* gekennzeichnet, bei denen jeweils 1 bis 3 Arbeitsplätze erfaßt wurden. Die technischen Mittel dafür waren konventionelle, später teilautomatische Werkzeugmaschinen, Fertigungsnester zur Mehrmaschinenbedienung und schließlich NC- und CNC-Maschinen. 1980 wurde mit der *flächenmäßigen Rationalisierung* ganzer technologischer Abschnitte begonnen mit dem Effekt, daß je Rationalisierungsmaßnahme zwischen 10 und 30 Arbeitsplätze erfaßt wurden. Das wurde durch die erzeugnisgebundene Reihenfertigung, automatische Fertigungszellen (mit Industrieroboter), Transferstraßen, Hochregallager mit Dispozentrale (Bilder 9 bis 11) und integrierte gegenstandsspezialisierte Fertigungsabschnitte möglich. 1987 haben wir in unserem Betrieb mit der Einführung bedienarmer Fertigungsabschnitte begonnen. Mit diesen Maßnahmen einher geht natürlich der breite Einsatz von Schlüsseltechnologien, so daß unsere Produktion heute durch folgende Merkmale gekennzeichnet ist:

- Mikroelektronik als Basis zahlreicher Erzeugnisse
- Halbleitertechnologien für die Sensortechnik
- Computer- und Informationstechnik als funktionelle Grundlage der Automatisierungssysteme und als organisatorische Grundlage des betrieblichen Reproduktionsprozesses
- CAD/CAM-Systeme (bis hin zur Vorbereitung von CIM-Lösungen) als Grundlage für Produktionsvorbereitung, -steuerung und -abrechnung
- Flexible Automatisierungslösungen in der Produktion
- Industrieroboter als Mittel für erforderliche Arbeitsplatzeinsparungen
- Optoelektronische Bussysteme
- Einsatz der Lasertechnik als rationelles Fertigungsverfahren.

msr:
All die genannten Leistungen waren sicherlich nur durch eine gezielte Forschungs-

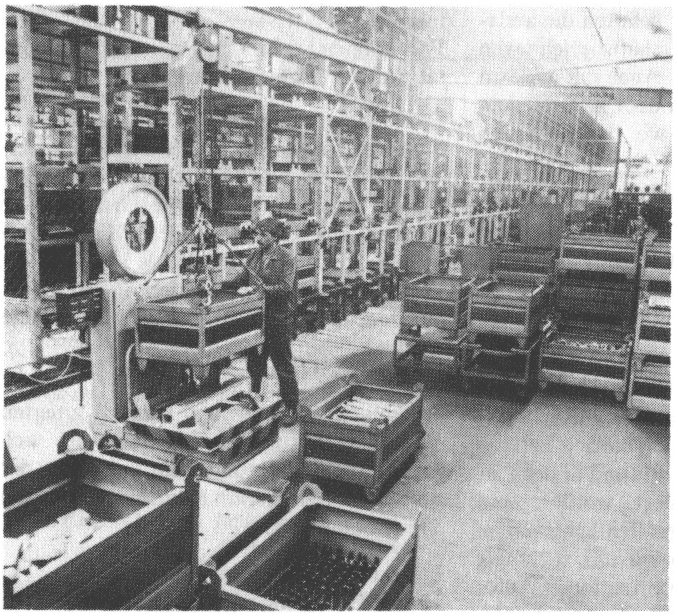


Bild 9. Hochregallager
Werkfoto: OCHLAST

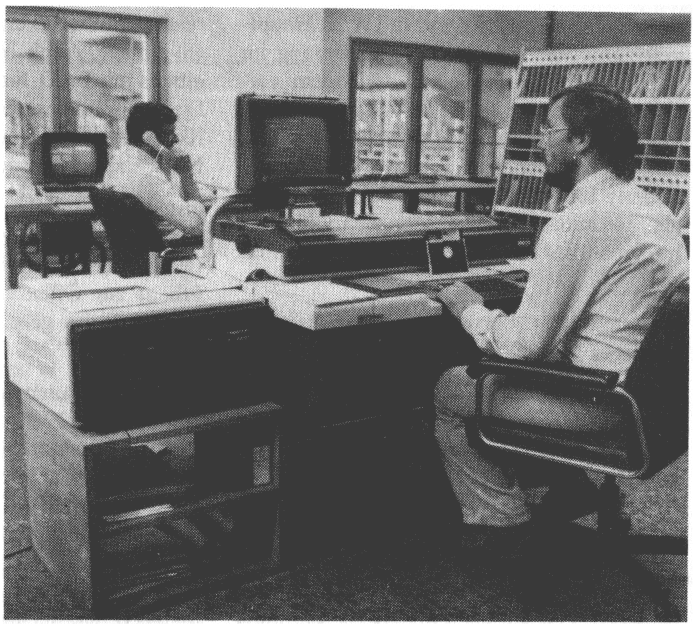


Bild 10. Dispo-Zentrale
Werkfoto: OCHLAST

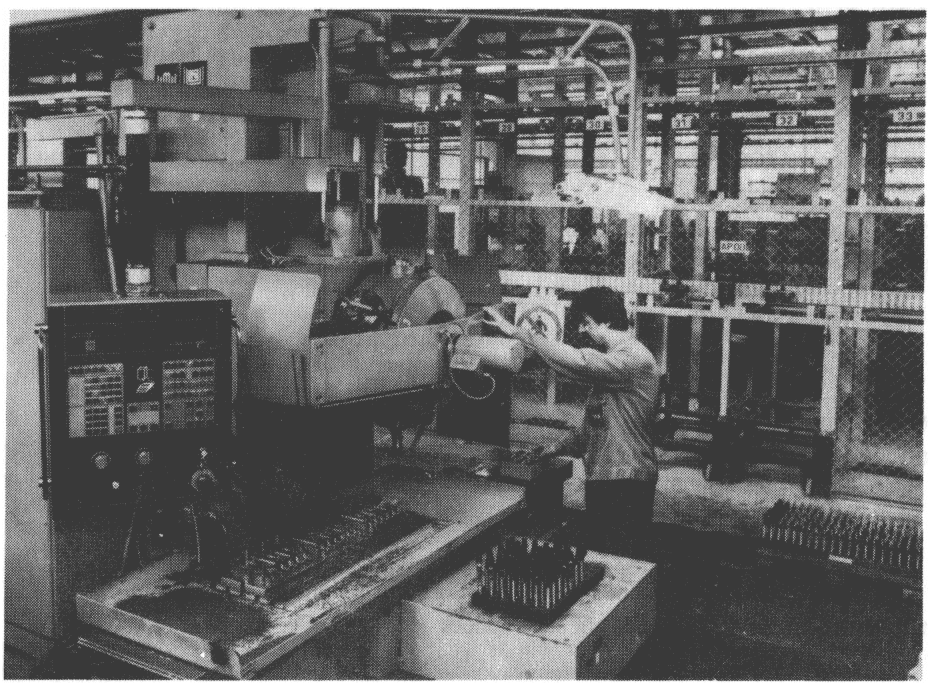
tätigkeit im Betrieb und durch gute Zusammenarbeit mit Partnern in der Industrie und im Hochschul-/Akademiebereich zu erbringen?

Dr. CHEMNITZ:
Wir gestalten unsere innerbetriebliche Forschungstätigkeit in der Einheit von Entwicklungsingenieuren, Konstrukteuren, Verfahrensentwicklern, Technologen und Ratiomittelbauern, weil wir darin die Grundlage für eine effektive Produktionsüberleitung sehen. Immerhin waren im Jahr 1987 mehr als 10% unserer Beschäftigten im Bereich der Forschung/Entwicklung der Technik und Technologie tätig. Wer die Erzeugnisse erneuern will, muß die Produktionsprozesse erneuern, und wir haben seit 1985 eine jährliche Erneuerungsrate von etwa 40%. Unsere Zusammenarbeit mit dem Hochschul- und Akademiebereich verläuft in 4 Ebenen:

— direkte vertragliche Zusammenarbeit (z. B. mit der TH Leipzig)
— Dozententätigkeit an Hochschulen durch Mitarbeiter des GRW (z. B. Dr. J. SAWATZKY an der TU Magdeburg, Dr. R. WERTHSCHÜTZKY an der TU Dresden)
— Kadereinsatz von GRW-Mitarbeitern an Hochschulen (z. B. TU Dresden, TH Leipzig)
— Austausch von Informationen und Nachnutzung.

Zum Teil reicht die Zusammenarbeit so weit, daß GRW ganze Anlagen oder Geräte zu Forschungszwecken zur Verfügung stellt. Um noch einige Beispiele der Forschungskooperation zu nennen:

Bild 11. Maschinenarbeitsplatz
Werkfoto: OCHLAST



- Mit der Sektion Automatisierungsanlagen der TH Leipzig verbinden uns Forschungen zu neuen Automatisierungsstrukturen und zu Meßumformern.
- Auf dem Gebiet des Entwurfs von Halbleitersensoren arbeiten wir mit der Sektion Informationstechnik der TU Dresden zusammen.
- Gemeinsam mit der Sektion Automatisierungstechnik und Elektrotechnik der TU „Otto von Guericke" Magdeburg forschen wir zum Feldbuseinsatz und zu Kommunikationssystemen in der Automatisierungstechnik.
- Gemeinsam mit der Sektion Technologie für den Wissenschaftlichen Gerätebau der Friedrich-Schiller-Universität Jena erarbeiten wir Konzeptionen für den Rechnereinsatz in der technologischen Forschung.
- Mit dem Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse der AdW der DDR in Berlin und Dresden verbinden uns Softwareentwicklungsarbeiten für Grafik-Systeme und Forschungen zu Regelungsstrukturen.
- Unsere Zusammenarbeit mit dem Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf der AdW der DDR betrifft die Entwicklung von Baugruppen und Untersuchungen an Polysiliziumsensoren.

Darüber hinaus pflegen wir natürlich umfangreiche Industriekooperationen. An erster Stelle steht dabei die Zusammenarbeit innerhalb des Kombinates Automatisierungsanlagenbau, also zum Zentrum für Forschung und Technologie des KAAB und zu den anderen Betrieben des Kombinates. Diese bringen i. allg. Komponenten ein, und wir liefern die Gesamtsysteme. Schließlich stammen aus dem GRW (auch heute noch) 50% aller BMSR-Anlagen in der DDR. Mit dem VEB Mikroelektronik „Karl Liebknecht" Stahnsdorf pflegen wir eine enge Zusammenarbeit auf dem Gebiet Chips für Sensoren. Nicht zuletzt sei hier der Kraft-

werksanlagenbau erwähnt. GRW ist Hauptauftragnehmer für die Automatisierung im Kernkraftwerksanlagenbau und allein verantwortlich dafür. In diesem Zusammenhang sei daran erinnert, daß Mitte Juli 1988 im Kraftwerk Lübbenau der erste audatec-gesteuerte 100-MW-Block in Betrieb ging, wobei die audatec-Einheit als mehrkanaliges Informations- und Regelungssystem arbeitet.

msr:
Was läßt sich über die Exporttätigkeit des Betriebes berichten?

L. STARKE:
Stückzahlmäßig gehen etwa 50% unserer Erzeugnisse in den Export. Hauptabnehmer sind dabei die UdSSR und die anderen sozialistischen Länder. In diesen Ländern verfügen wir über feste Partner und ein System von Vertragswerkstätten. Langfristig stabile Exportbeziehungen sind natürlich erstrebenswert. Das gilt auch für Spezialisierungsverträge. So etwas praktizieren wir z. B. mit der ČSSR auf dem Gebiet der Meßumformer mit einem Exportvolumen von 8 Mill. Rubel/Jahr.
Neue Formen der Zusammenarbeit haben wir im Rahmen des Exports unseres Prozeßleitsystems audatec entwickelt. In unserem betriebseigenen audatec-Schulungszentrum vermitteln wir unseren Kunden eine umfangreiche Ausbildung und ein Training sowie ausführliche Software-Informationen. Wir haben auf diese Weise eine Reihe fester Vereinbarungen zum langfristigen Einsatz von audatec abschließen können, u. a. mit den Energiewirtschaften Ungarns und Bulgariens, mit der bulgarischen Wasserwirtschaft und mit der chemischen Industrie der ČSSR. Eine andere Form des Exports besteht darin, mit wichtigen kapitalistischen Betrieben technische Realisierungen von Objekten gemeinsam vorzunehmen. So war für die schon erwähnte Rekonstruktion der Zeitungsdruckpapiermaschine im VEB Papier- und Kartonwerke Schwedt die Fa. Andritz/Österreich verantwortlich, wir lieferten die audatec-Anlage. Ähnliche Geschäftsbeziehungen gibt es mit BRD-Firmen. Auch mit anderen Erzeugnissen unseres Betriebes, z. B. mit dem Kontaktgrill, konnten wir einen hohen NSW-Export realisieren.

msr:
Ein Betrieb von der Größenordnung und Bedeutung des GRW hat stets auch die Pflicht zur Öffentlichkeitsarbeit. Wie wird das bei Ihnen gehandhabt?

L. STARKE:
Wir leisten auch auf diesem Gebiet eine ganz planmäßige Arbeit. Wir haben einen Rat für Marktarbeit unter meiner Leitung ins Leben gerufen, der prüft und in der Planung verbindlich festgelegt, worüber und in welcher Form etwas veröffentlicht werden sollte. Dabei orientieren wir uns vorrangig auf die „Technischen Informationen Automatisierungsanlagen — Elektroenergieanlagen", aber natürlich auch auf die msr und andere geeignete Fachzeitschriften. Für umfangreichere Publikationen gibt unsere KDT-Betriebssektion die Schriftenreihe Automatisierungstechnik (nicht zu verwechseln mit der REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK Ihres Verlags Technik!) heraus. Auch an einer Reihe von Buchprojekten waren und sind Mitarbeiter unseres Betriebes beteiligt. Gerade in diesem Jahr ist beispielsweise das VEM-Handbuch „Automatisierungsanlagen" erschienen. Nicht zuletzt möchte ich hier auch auf unsere informativen Prospekte und Kundenmaterialien hinweisen, die in den Haupthandelssprachen vorliegen. Und schließlich muß man an dieser Stelle auf zahlreiche Vorträge zu Tagungen und Symposien verweisen und auf die Tatsache, daß auch wir solche Veranstaltungen durchführen bzw. mitorganisieren. Jüngstes Beispiel war die 11. WTK „Automatisierungssysteme" im Mai dieses Jahres, die wir aus Anlaß des 40. Jahrestages unseres Betriebes maßgeblich mitgestalteten.

msr:
Was können Sie uns zur Patent- und Lizenztätigkeit im GRW mitteilen?

Dr. CHEMNITZ:
Nun, um hier ein paar Richtwerte zu geben, auf 100 Hoch- und Fachschulkader des Betriebes kommen 12 Patente. Unsere Einnahmen aus Lizenzvergaben (Know-how) beliefen sich 1987 auf mehr als 3 Mill. Mark im SW-Rahmen und überstiegen 750000 DM aus dem NSW-Gebiet. Das sind erfreuliche Zahlen!

msr:
Abschließend eine Frage zum oft zitierten Verhältnis Software—Hardware, das sich international mehr und mehr zugunsten der Software verschiebt. Können Sie diesen Trend bestätigen?

L. STARKE:
Unsere Erfahrungen, insbesondere auch mit dem Prozeßleitsystem audatec, bestätigen das. Wesentliche Aufgaben der nahen Zukunft werden u. a. in der Sicherung der Kompatibilität von Hardware und Software (ich denke hier z. B. an MAP und andere Standardisierungsbestrebungen für den Datenaustausch) und in der Bereitstellung einheitlicher Werkzeuge zur Softwareerstellung (rationelle Softwareerarbeitung durch die Entwicklung von Standardsoftwarewerkzeugen mit Modulcharakter) bestehen. Von ganz entscheidender Bedeutung wird das Vordenken geistiger Prozesse sein!

msr:
Herr Betriebsdirektor STARKE, Herr Direktor Dr. CHEMNITZ, auch im Namen unserer Leser bedanken wir uns herzlich für Ihre umfassenden Auskünfte. Wir gratulieren zum 40jährigen Bestehen des GRW, wünschen dem Betrieb und Ihnen persönlich auch für die kommenden Jahre alles Gute und freuen uns auf interessante Publikationen des GRW in der msr.

msr 8985 D. WERNER, J. WEDE

Die Redaktion wünscht ihren verehrten Lesern und Autoren im In- und Ausland ein frohes und gesundes Weihnachtsfest sowie ein glückliches und erfolgreiches Jahr 1989.

*

Редакция msr поздравляет своих уважаемых читателей и авторов за рубежом и в стране с наступающим Новым 1989 годом и желает больших успехов, доброго здоровья и личного счастья.

*

The msr editorial staff wishes its honoured foreign and native readers and authors a sound and merry Christmas as well as a happy and successful year 1989.

*

La rédaction de msr souhaite à ses étrangers et indigènes lecteurs ét auteurs honorés une saine et joyeuse fête du Noël ainsi qu'une bonne année 1989 couronnée de succés.

Internationaler Veranstaltungskalender 1989 bis 1991 (Auswahl)

1989

• 11. bis 13. Januar Singapur	SCS/IFIP/IFAC-Workshop on Artificial Intelligence in Management and Economics
• 18. bis 23. Januar Dallas/USA	COMMTEX — Internationale Ausstellung für Kommunikation und Kommunikationstechnik
• 31. Januar bis 3. Februar Hamburg/BRD	ONLINE — Europäische Kongreßmesse für Technische Kommunikation
• 14. bis 16. Februar Dresden	KomCom '89 — Fachtagung „Kommunikations- und Computertechnik"
• 14. bis 16. Februar Karl-Marx-Stadt	10. Internationale Fachtagung „Industrielle Automatisierung — Automatisierte Antriebe"
• 15. bis 17. Februar Karlsruhe/BRD	INFINA '89 — Informatik für die industrielle Automation
• 22. bis 24. Februar Stuttgart/BRD	IGT/GI — Fachtagung „Kommunikation in verteilten Systemen"
• 6. und 7. März Langen/BRD	GMA-Aussprachetag: „Schätzmethoden für die Meßsignal-Verarbeitung"
• 8. bis 15. März Hannover/BRD	Hannover-Messe CeBIT
• 12. bis 18. März Leipzig	Leipziger Frühjahrsmesse
• 13. bis 16. März Westberlin	CAMP '89 — Computergrafik-Anwendungen für Management und Produktion
• März Amsterdam	FIAREX — Internationale Elektronikfachmesse
• 14. bis 17. März Poznan/VR Polen	Poznaner Frühjahrsmesse
• März oder April Karlsruhe/BRD	Workshop of Non-invasive methods of flow measurement IMEKO-TC 9 „Flow Measurement"
• März oder Juni Prag	4th Symposium on Temperature and thermal measurement in science and industry IMEKO-TC 12 „Temperature and Thermal Measurement"
• 3. bis 6. April Jerusalem	ICCON '89 — IEEE International Conference on Control and Application
• 5. bis 12. April Hannover/BRD	Hannover-Messe INDUSTRIE
• 10. bis 12. April Tokio	International Workshop on Industrial Applications of Machine Intelligence and Vision
• 10. bis 14. April Budapest	MIPEL — 9. Internationale Ausstellung für Industrielle Elektronik und Gerätebau, Leistungselektronik
• 11. bis 13. April Leipzig	4. wissenschaftliche Konferenz der TH Leipzig „Computerintegrierte Systeme für die industrielle Elektroenergietechnik"
• 17. bis 20. April Tokio	TECHNOLOGY JAPAN — Internationale Fachausstellung mit Kongreß
• 17. bis 23. April Zagreb/Jugoslawien	Internationale Zagreber Frühjahrsmesse
• 18. bis 20. April Linz/Österreich	CADCAM — Internationale Fachausstellung mit Anwenderkongreß
• 19. bis 21. April Glasgow/GB	IFAC-Symposium on Adaptive Systems in Control and Signal Processing — ACASP '89
• 24. bis 28. April Brüssel	EUROTRONIC — Ausstellung für Elektronik und Robotertechnik
• 25. bis 29. April Glasgow/GB	ICASSP '89 — International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing
• 25. bis 29. April Oslo	ELECTRONICS and AUTOMATION — Internationale Fachmesse und Ausstellung für Verfahrenstechnik, Automation, Elektronik
• 25. bis 27. April Chicago/USA	QET — Internationale Ausstellung für Qualitätskontrolle
• 25. bis 28. April Lausanne/Schweiz	ROBOT — Internationale Messe für industrielle Automation und Robotertechnik
• 25. und 26. April Braunschweig/BRD	GMA-Aussprachetag „Laserinterferometrie in der Längenmeßtechnik"
• 26. bis 28. April Rostock	6. Symposium „Maritime Elektronik" der WPU Rostock
• 3. bis 5. Mai Berlin	10. Internationale Fachtagung „Galvanotechnik"
• 8. bis 10. Mai Clemson/USA	1st IMACS-Symposium on Modelling of Computer Communication Systems
• 8. bis 12. Mai Frankfurt/O.	13. Mikroelektronik-Bauelemente-Symposium
• 9. bis 12. Mai Peking	Symposium on Metrology for Quality Control in Production IMEKO-TC 14 „Measurement of Geometrical Quantities"
• 11. und 12. Mai Veitshöchheim/BRD	12. GESA-Symposium „Experimentelle Mechanik in Forschung und Praxis"
• 15. bis 18. Mai Smolenice/ČSSR	4th Computer Graphics Conference
• 16. bis 19. Mai Berlin	IFAC/IFIP-Workshop on Real-Time Programming
• 17. bis 25. Mai Budapest	Budapester Internationale Frühjahrsmesse
• 29. Mai bis 2. Juni Sosopol/VR Bulgarien	2. Intern. Wiss. Seminar „Theorie und Anwendung der künstlichen Intelligenz"
• Mai Leipzig	9. Zuverlässigkeitstagung „Qualität und Zuverlässigkeit von automatisierten Produktionsprozessen" mit RGW-Beteiligung
• Mai Lodz/VR Polen	IMEKO-Symposium on Microprocessors and Computers in Temperature and Thermal Measurement
• 2 Tage Mai Berlin	2. Fachtagung „Industrielle Wägetechnik"
• 3. bis 9. Juni Stuttgart/BRD	CAT — Computerunterstützte Technologien in der Fertigungsindustrie (CAD, CAM, CIM, KI)
• 5. bis 8. Juni Budapest	IFAC/IIASA/UNESCO IEEE — Workshop on International Conflict Resolution Using Systems Engineering
• 5. bis 9. Juni München/BRD	Internationaler Kongreß und Fachmesse: LASER, OPTO-Elektronik, Mikrowellen
• 6. bis 9. Juni Essen/BRD	KOMMTECH — Europäische Kongreßmesse für technische Automation
• 14. bis 16. Juni Capry/Italien	NOLCOS '89 — IFAC/IEEE-Symposium on Nonlinear Control Systems Design
• 26. bis 29. Juni Perpignan/Frankreich	5th IFAC/IMACS/IFIP-Symposium on Control of Distributed Parameter Systems
• 26. bis 30. Juni	RSO/IFAC/IEEE-Conference „The Riccati

Como/Italien	Equation in Control, Systems and Signals"
• 27. bis 29. Juni Edinburgh/GB	IFAC/IFORS/IFIP/ (IEEE/IIASA/UNIDO/ SEDC/World Bank)-Conference on Dynamic Modelling and Control of National Economics
• Juni Prag	6th Symposium on Technical diagnostics IMEKO-TC 10 „Technical Diagnostics"
• 3 Tage Juni Berlin	3. Fachtagung „Automatische Bildverarbeitung"
• 3. bis 7. Juli Leipzig	14th IFIP-Conference on System Modelling and Optimization
• 3. bis 7. Juli Nancy/ Frankreich	AIPAC '89 — IFAC/ IMACS-Symposium on Advanced Information Processing in Automatic Control
• 17. bis 21. Juli Tsukuba/Japan	7th IFAC-Symposium on Automatic Control in Aerospace
• 21. bis 23. August Maastricht/ Niederlande	DYCORD + '89 — IFAC-Symposium on Dynamics and Control of Chemical Reactors, Destillation Columns and Batch Processes
• 22. bis 25. August Seoul	IFAC-Symposium on Power Systems and Power Plant Control
• 25. August bis 3. September Berlin (West)	Internationale Funkausstellung
• 28. August bis 1. September San Francisco/ USA	11th IFIP World Computer Congress
• 29. bis 31. August Berlin	IFAC/IFORS/(IMACS) symposium on Large Scale Systems: Theory and Applications
• 31. August bis 2. September Leipzig	CAIP '89 — 3rd International Conference on Computer Analysis of Images and Patterns
• August Lyngby/ Dänemark	IFAC-Symposium on Robotics and Automation
• August oder September Brno/ČSSR	3rd Symposium on Modelling of Measured Objects IMEKO-TC 4 „Measurement of Electrical Quantities"
• 3. bis 9. September Leipzig	Leipziger Herbstmesse
• 4. bis 8. September Buenos Aires	6th IFAC-Symposium on Automation in Mining, Mineral and Metal Processing
• 12. bis 14. September Xian/VR China	4th IFAC/IFIP/IEA IFORS Conference on Analysis, Design and Evaluation of Man-Machine-Systems
• 13. bis 20. September Brno/ČSSR	Internationale Maschinenbaumesse
• 18. bis 21. September Genua/Italien	IFAC/IFIP/IFORS/ CIRP-Workshop on Decisional Structures in Automated Manufactoring
• 19. bis 21. September Shenyang/ VR China	2nd IFAC-Workshop on Artificial Intelligence in Real-Time-Control
• 19. bis 21. September Paris	IFAC/IFIP/IFORS-Symposium on Control, Computers and Communication in Transportation
• 20. bis 22. September Baden-Baden BRD	4. Internationale Fachtagung „Fehlertolerierende Rechensysteme"
• 20. bis 22. September Braunschweig/ BRD	International Symposium on Dimensional Metrology in Production and Quality Control IMEKO-TC 8 „Metrology" and 14 „Measurement of Geometrical Quantities"
• 25. bis 27. September Prag	IFAC-Workshop on System Structure and Control: State Space and Polynomial Methods
• 29. September bis 1. Oktober Madrid	6th IFAC/IFIP/IMACS/ IFORS-Symposium on Information Control Problems in Manufactoring Technology
• September Zagreb/ Jugoslawien	5th Seminar on Electronic Weighting in Industry and Traffic IMEKO-TC 11 „Metrological Requirements for Developing Countries"
• September Budapest	3rd Workshop on Thermophysical Parameters: Temperature Difference Measurement IMEKO-TC 12 „Temperature and Thermal Measurement"
• September Hannover/BRD	EMO — Europäische Werkzeugmaschinenausstellung
• 2. bis 5. Oktober Tokio	CAPE '89 — 3rd IFIP/ IFAC-Conference on Computer Applications in Productions and Engineering
• 2. bis 6. Oktober Basel/Schweiz	SCAN-89 — IMACS/ GAMM-Symposium on Computer Arithmetic and Self-Validating Numerical Methods
• 3. bis 6. Oktober Istanbul	ROBOTECH — Internationale Ausstellung für High-tech-Fertigung, Automation und Robotertechnik
• 9. bis 10. Oktober Düsseldorf/BRD	FLOMEKO '89
• 9. bis 11. Oktober Aachen/BRD	3rd European Conference on Power Electronics and Applications
• 9. bis 14. Oktober Düsseldorf/BRD	11. INTERKAMA
• 23. bis 25. Oktober Kanazawa/Japan	10th International Conference on Assembly Automation
• 25. bis 27. Oktober Tokio	IFAC/IFORS/IAEE-Symposium on Energy Systems, Management and Economics
• 30. Oktober bis 2. November Kyoto/Japan	IFAC-Workshop on Production Control in Process Industry
• 2 Tage Oktober Berlin	12. Wissenschaftlich-Technische Konferenz „Automatisierungssysteme"
• Oktober New Orleans/ USA	ISA-Ausstellung und -Konferenz für Meß-, Prüf- und Regeltechnik für Produktion und Prozeßsteuerung
• Oktober Suhl	TEMPERATUR '89
• 7. bis 11. November München/BRD	8. PRODUCTRONICA — Internationale Fachmesse für die Fertigung in der Elektronik
• 13. bis 17. November Paris	COMPOSANTS ELECTRONIQUES — Internationale Fachmesse für Elektronikbauteile und elektronisch gesteuerte Meß- und Regeltechnik
• 15. bis 17. November Wien	IFAC/(IMACS)/IFIP-Symposium on Skill Based Automated Manufactoring
• 15. bis 19. November Saragossa/ Spanien	METROMATICA + ROBOTICA Internationale Ausstellungen für Automation, Meß- und Regeltechnik bzw. Robotertechnik
• 21. bis 23. November Kortrijk/Belgien	CAD/CAM — Internationale Fachmesse
• 22. bis 25. November Tokio	JAPAN OFFICE — Internationale Ausstellung für Büroausrüstung und Automation
• 2 Tage November Dresden	Jahrestagung der WGMA „Meßtechnik"
• 3 Tage Dezember Rostock	18. Jahrestagung „Grundlagen der Modellierung und Simulationstechnik"
• 1 Tag IV. Quartal Berlin	16. Fachtagung „Elektronische Stromversorgungstechnik" des FA 14 des FV Elektronik der KDT

1990

• 30. Januar bis 2. Februar Hamburg/BRD	ONLINE — Europäische Kongreßmesse für technische Kommunikation
• 26. Februar bis 2. März Birmingham/GB	ELECTREX — Internationale Ausstellung für Elektrotechnik/Elektronik, Meß- und Regeltechnik, Automation
• 28. Februar bis 6. März Brno/ČSSR	ROBOT — Internationale Ausstellung von Industrierobotern mit wissenschaftlichem Beiprogramm
• Februar Zürich/Schweiz	INDUSTRIAL HANDLING — Internationale Ausstellung für moderne Produktionstechnik
• 11. bis 17. März Leipzig	Leipziger Frühjahrsmesse

• 21. bis 28. März Hannover/BRD	Hannover-Messe CeBIT
• März Mailand/Italien	9. Fachmesse „NC Industrial Automation & Robots & FMS"
• März Bad Nauheim/ BRD	5. NTG/GMA-Fachtagung „Sensoren. Technik und Anwendung"
• 2. bis 6. April Stockholm	IM — Internationale Fachmesse für Meßgeräte und -technik
• 17. bis 22. April Zagreb/ Jugoslawien	Internationale Frühjahrsmesse
• 24. bis 27. April Lausanne/ Schweiz	ROBOT — Internationale Messe für industrielle Automation und Robotertechnik
• April Frankfurt/M.	INFOBASE — Internationaler Datenbank-Kongreß und Ausstellung
• April Brno/ČSSR	Internationale Konsumgütermesse
• April Salzburg/ Österreich	ROBOT — Internationale Fachmesse für Robotertechnik
• 2. bis 9. Mai Hannover/BRD	Hannover-Messe INDUSTRIE
• Mai Helsinki	TEMPMEKO '90 — Symposium on Temperature and Thermal Measurement in Industry and Science IMEKO-TC 12 „Temperature and Thermal Measurement"
• 23. bis 31. Mai Budapest	Internationale Budapester Frühjahrsmesse
• 29. Mai bis 1. Juni Stuttgart/BRD	CAT — Computerunterstützte Technologien in der Fertigungsindustrie, internationale Fachausstellung und Anwenderkongreß
• Mai Brüssel	ROBOTEX — Technische Ausstellung zum Internationalen Symposium für Industrieroboter
• 6. bis 8. Juni Graz/Österreich	TECHNOVA — Fachmesse für Hochtechnologie, Umweltschutz, Regel- und Meßtechnik, Innovation und Design
• 18. bis 23. Juni Essen/BRD	KOMMTECH — Europäische Kongreßmesse für technische Automation
• 2 Tage Juni Gera	6. Fachtagung „Hybridmikroelektronik" mit RGW-Beteiligung
• Juni New York/USA	8th International Congress of the World Organization of Systems and Cybernetics
• 28. bis 30. Juni München/BRD	ELTEC — Fachausstellung für Elektrotechnik (mit Meß- und Regeltechnik)
• Juli London	PEP — Internationale Ausstellung und Konferenz für Fertigungstechnik und Produktivität
• 13. bis 17. August Tallinn/UdSSR	XI. IFAC-Weltkongreß
• 2. bis 8. September Leipzig	Leipziger Herbstmesse
• 3 Tage September Berlin	3. CAD/CAM-Konferenz der WGMA
• September Stuttgart/BRD	AMB — Ausstellung für Metallbearbeitung mit Internationaler Tagung
• 2 Tage Oktober Berlin	13. Wissenschaftlich-Technische Konferenz „Automatisierungssysteme"
• Oktober Zürich/Schweiz	MICROTECNIC — Internationale Fachmesse für Fertigungsmeßtechnik und Qualitätssicherung
• 22. bis 26. Oktober München/BRD	SYSTEC — Internationale Fachmesse für Computerintegration mit Kongreß
• 2 Tage November Leipzig	Jahrestagung der WGMA „Automatisierungstechnik"
• November München/BRD	ELECTRONICA — Internationale Fachmesse für Bauelemente und Baugruppen der Elektronik (mit Kongreß)
• 3 Tage Dezember Rostock	19. Jahrestagung „Grundlagen der Modellierung und Simulationstechnik"

1991

• März Leipzig	Leipziger Frühjahrsmesse
• 13. bis 20. März Hannover/BRD	Hannover-Messe CeBIT
• 8. bis 11. April Las Vegas/USA	International Reliability Physics Symposium
• 10. bis 17. April Hannover/BRD	Hannover-Messe INDUSTRIE
• 13. bis 16. Mai San Diego/USA	CICC '91 — Custom Integrated Circuits Conference
• 14. bis 17. Mai Stuttgart/BRD	CAT — Computerunterstützte Technologien in der Fertigungsindustrie (Internationale Fachmesse und Anwenderkongreß)
• 23. bis 26. Juni Denver/USA	ICC '91 — International Conference on Communication
• 13. bis 15. August Cherry Hill/USA	IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility
• September Leipzig	Leipziger Herbstmesse
• 2 Tage Oktober Berlin	14. Wissenschaftlich-Technische Konferenz „Automatisierungssysteme"
• 2 Tage November Leipzig	Jahrestagung der WGMA „Meßtechnik"
• 3 Tage Dezember Rostock	20. Jahrestagung „Grundlagen der Modellierung und Simulationstechnik"

Für den Tagungskalender bekamen wir u. a. von den Sekretariaten der WGMA und des FV Elektrotechnik in der KDT, der IFAC und der IMEKO sowie vom Institut für Automatisierung der AdW der DDR Unterstützung. Die Ankündigungen sind als unverbindliche Informationen zu betrachten, da es bei den Veranstaltungen gelegentlich zu Terminverschiebungen oder anderweitigen Änderungen kommen kann. Von Rückfragen bitten wir abzusehen, da die Redaktion i. allg. über keine weiterreichenden Informationen verfügt.

Red.

Verehrte Leser und Autoren!

Bitte richten Sie sich bei der Erarbeitung von Beiträgen für die msr unbedingt nach unseren aktuellen Manuskripthinweisen, die Sie im Heft 1 jedes Jahrganges finden können. Auf Wunsch schicken wir Ihnen die Manuskripthinweise zu.

Ihre Redaktion msr

Petri-Netze in der Steuerungstechnik. Von R. KÖNIG und L. QUÄCK. Berlin: VEB Verlag Technik 1988. 199 Seiten, 226 Bilder, 10 Tafeln. 28,— M.
Bestell-Nr.: 553 924 5

Immer deutlicher setzt sich das Petri-Netz-Konzept beim Entwurf komplexer automatischer Steuerungen durch. Die Verwendung von Petri-Netzen durch den Ingenieur in der Entwurfspraxis bedarf aber eines Brückenschlages vom formalen mathematischen Apparat zur Sprache des Steuerungstechnikers. Dieses Buch stellt eine derartige Brücke dar.
In einem einführenden Beispiel wird dargestellt, daß das Petri-Netz auch ein Modell eines zu automatisierenden Prozesses in der Sprache des Steuerungstechnikers sein kann.
Das Petri-Netz ist ein grafisches Darstellungsmittel, mit dem sowohl statische als auch dynamische Eigenschaften von Prozessen beschrieben werden.
In einem weiteren Abschnitt werden die in der Einführung anschaulich angewandten elementaren Begriffe präzisiert und die Grundlagen des Petri-Netz-Konzepts und wichtige Eigenschaften der Petri-Netze erläutert. Im Abschnitt „Interpretierte Petri-Netze" wird das abstrakt mathematische Gebäude mit ingenieurtechnischen Begriffen hinterlegt und der Brückenschlag von der Theorie zur Anwendung vollzogen. Die Realisierung von Petri-Netzen kann in Hardware oder Software erfolgen. Im Buch wird gezeigt, wie Petri-Netze nach einfachen Regeln in schaltungstechnische Lösungen überführt werden können. Möglichkeiten zur Softwarerealisierung werden diskutiert. Die Ausführungen sind aber vorwiegend auf hardwaremäßige Umsetzungen ausgerichtet.
In der Steuerungstechnik spielen die Dynamik und damit Zeitprobleme eine vielfältige Rolle. Deshalb wird in zwei weiteren Abschnitten dargestellt, wie das Netzkonzept zur Notierung von Zeitproblemen erweitert werden kann.
Der Aufbau des Buches ist logisch. Es ist eine geglückte Synthese aus der Feder eines Mathematikers und eines Technikers. Zahlreiche Beispiele der industriellen Praxis ergänzen die Darlegungen. Die steuerungstechnischen Interpretationen erleichtern wesentlich den Zugang zum Stoffgebiet des sonst fast nur streng mathematisch hergeleiteten Wissenszweiges. Die vorgenommene Aufbereitung der Netztheorie für die Steuerungstechnik unterscheidet dieses Buch von bisher erschienenen und dürfte vor allem von praktisch tätigen Entwurfsingenieuren und Technologen dankbar aufgenommen werden.

B 2401 W. FRITZSCH

Identifikation dynamischer Systeme. Von R. ISERMANN.
Band I: Frequenzgangmessung, Fourieranalyse, Korrelationsanalyse, Einführung in die Parameterschätzung. Berlin/Heidelberg/New York/London/Paris/Tokyo: Springer-Verlag 1988. 344 Seiten, 85 Bilder.
Band II: Parameterschätzmethoden, Kennwertermittlung und Modellabgleich, Zeitvariante, nichtlineare und Mehrgrößensysteme, Anwendungen. Berlin/Heidelberg/New York/London/Paris/Tokyo: Springer-Verlag 1988. 302 Seiten, 83 Bilder.

Mit o. g. Bänden legt der für dieses Gebiet besonders kompetente Verfasser ein Werk vor, das einen weitgehenden Überblick über das Gesamtgebiet der Identifikation kontinuierlicher und zeitdiskreter, linearer und nichtlinearer, ein- und mehrvariabler Systeme sowie der Signalanalyse und -vorhersage bietet. Dabei werden parametrische und nichtparametrische Modelle betrachtet, die bekannten Methoden werden detailliert vorgestellt und untereinander verglichen. Identifikation heißt für den Autor mit vollem Recht nicht nur Kennwertermittlung oder Frequenzgangauswertung oder Fourier- bzw. Korrelationsanalyse oder Parameterschätzverfahren, sondern zur Identifikation gehören **alle** Verfahren, die die Ermittlung statischer und dynamischer Modelle auf der Basis gemessener Eingangs- und Ausgangssignale gestatten. Mit der Souveränität des Experten gelingt R. ISERMANN die Darstellung dieses weitgespannten Bogens, womit er deutlich über seine Vorgängerbände aus den Jahren 1971 bzw. 1974 hinausgeht und die aktuellen Entwicklungen des Fachgebietes mit einfließen läßt. Allerdings haben die Kapitel, die der Identifikation von Mehrgrößensystemen bzw. von nichtlinearen Systemen gewidmet sind (beides vorwiegend im 2. Band), nicht diese Tiefe erfahren, die den linearen Eingrößensystemen zuteil wurde.
Ganz besonders hervorzuheben (wie eigentlich stets bei R. ISERMAN) ist der ständige Blick des Autors auf die praktische Anwendung der Verfahren. Systematisch wird der Leser auf die Vor- und Nachteile der Verfahren, die Randbedingungen und Gültigkeitsbereiche orientiert. Auch die im letzten Kapitel vorgestellten realisierten Anwendungsbeispiele zur Prozeßidentifikation sind für das Verständnis von großem Nutzen. Insofern wird das 2bändige Werk rasch seinen Platz als **das** deutschsprachige Lehr- und Nachschlagewerk für das Gebiet der Identifikation einnehmen.
Mit Bedauern mußte der Rezensent konstatieren, daß das Druckbild, das das Buch dem Leser bietet, dem vorzüglichen Inhalt nicht adäquat ist. Der verwendete Schreibsatz gestattet kaum optische Unterstützung, ein lektoriertes Buch hätte manchen sprachlichen Lapsus vermieden. Besonders deutlich wird dies beim Vergleich mit dem jüngst im gleichen Verlag vom gleichen Autor erschienenen Werk „Digitale Regelsysteme" Da tun sich doch erhebliche polygrafische Unterschiede auf. Bei Büchern dieser Bedeutung sollte sich das Verlagswesen auf seine traditionellen Möglichkeiten besinnen.

B 2398 D. WERNER

Mikrorechentechnik allgemeinverständlich. Integrierte Schaltkreise, Mikroprozessoren, Programme. 2. Auflage. Von R. HOPFER. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1987. 152 Seiten, 66 Bilder, 9 Tafeln.

Dieser Band der „Polytechnischen Bibliothek" ist für alle diejenigen als Hilfe gedacht, die sich einen schnellen Überblick über die Mikrorechentechnik und deren Teilgebiete, wie integrierte Schaltkreise, Mikroprozessoren, und über die Programme verschaffen wollen. An Voraussetzungen werden zum Verständnis des Urania-Buches nur wenige Grundkenntnisse in Physik, Elektrotechnik und Mathematik benötigt. Ausgehend von einer knappen Darstellung der Entwicklungsgeschichte der Mikrorechentechnik gibt der Autor die Grundlagen der Mikroelektronik und der Mikrorechentechnik vom elektronischen Bauelement bis zu kompletten Mikrorechnersystemen an und erläutert die Unterschiede der vorkommenden Rechnerarten (Analog-, Digital-, Groß-, Klein- und Mikrorechner). Dann beantwortet er leicht verständlich die Fragen, wie ein Mikrorechner aufgebaut ist, welche Prozesse in ihm ablaufen und wie ein Programm erarbeitet wird. Auf dieses Grundwissen aufbauend werden dem Leser die Einzelteile der Hardware (wie verwendete Speicher, Eingabe- und Ausgabesysteme, Bussysteme, Rechnersysteme und -netze) und der Software (wie Arten der Programmiersprachen und Programme, Merkmale und Methodik der Erstellung) näher beschrieben sowie typische Anwendungsbeispiele im Büro, Haushalt und zur Automatisierung technischer Prozesse in der Industrie bzw. deren Zuverlässigkeit und Wartung genannt.
Mit den wichtigsten Fachbegriffen und einem kurzen Literaturverzeichnis zur Mikrorechentechnik schließt der Band, der für einen breiten Leserkreis konzipiert ist und von diesem sicher auch lebhaft genutzt werden wird.

B 2293 H. KLOUST

Stochastic Optimization. Proceedings of the International Conference, Kiev, 1984. Herausgeber: V. I. ARKIN, A. SHIRAEV und R. WETS. Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo: Springer-Verlag 1986. 754 Seiten.

Der Konferenzbericht enthält die vollständigen Manuskripte der auf der Konferenz über stochastische Optimierung gehaltenen Vorträge, die im September 1984 in Kiew stattfand. Entsprechend der behandelten Thematik sind die Beiträge in drei Teile zusammengefaßt: Gesteuerte stochastische Prozesse, Stochastische Extremalprobleme, Probleme mit unvollständiger Information. Die Arbeiten stehen auf sehr hohem mathematischem Niveau und spiegeln den modernsten Erkenntnisstand zum damaligen Zeitpunkt wider. Die Verfasser sind zum Teil international renommierte Mathematiker, wie DOROGOVTSEV, EREMIN, IVANENKO, RASTRIGIN, SHIRAEV, KUSHNER, ROCKEFELLER, WETS u. a. Die Mehrzahl der Arbeiten beschäftigt sich mit der theoretischen Fundierung von Eigenschaften numerisch auswertbarer Lösungsalgorithmen für stochastische Optimierungsaufgaben sowie der Konstruktion von Steueralgorithmen steuerbarer stochastischer Prozesse, der Parameterschätzung und Problemen der Filterung. Von Interesse sind zweifellos auch die für optimale Steuerungen hergeleiteten notwendigen bzw. hinreichenden Bedingungen vom Typ des stochastischen Maximumprinzips bzw. der Bellmannschen Gleichungen.
Die einzelnen Beiträge sind übersichtlich abgefaßt. Die Aussagen einschließlich der Voraussetzungen werden dabei ausführlich kommentiert. Die Beweise der formulierten Sätze stützen sich vielfach auf moderne mathematische Hilfsmittel, wie die Martingaltheorie und die konvexe Analysis, die in den letzten Jahren eine stürmische Entwicklung erfahren haben. Der Band wendet sich nicht nur an den Mathematiker. Auch der Ingenieur kann aus den Arbeiten viele Anregungen für die Aufstellung stochastischer Modelle und ihre sachgemäße Behandlung entnehmen, zumal eine Reihe praxisrelevanter Probleme wie die Nutzung von Wasserressourcen, die Steuerung elektrischer Netzwerke, die Untersuchung dynamischer Marktverhaltens- und Planungsmodelle in der Wirtschaft diskutiert werden.

B 2234 G. DENNLER

Guide to good programming practice. (In Russ.). Von B. L. MEEK, P. M. HEATH und N. J. RUSHBY. Moskau: Radio i svjaz' 1986. 168 Seiten, 17 Bilder.

Zur Programmierung in einer konkreten Programmiersprache liegen zu allen gängigen Programmiersprachen ausreichend gute und aus methodisch-didaktischer Sicht weniger gute Lehrbücher vor. Allen diesen Publikationen ist jedoch gemeinsam, daß das Hauptaugenmerk auf die Beschreibung der konkreten Eigenschaften der Sprache gerichtet wird. Dazu kommen bestenfalls noch Hinweise zu Programmierstil und Methodologie der Programmierung, jedoch im Rahmen des konkreten Sprachkonzepts. Somit fehlt in der Wissensvermittlung die systematische Darlegung der allgemeinen Aspekte einer „Kunst des Programmierens".
Diese Lücke soll das vorliegende Buch schließen, das in einfacher und leicht verständlicher Form geschrieben wurde. Unabhängig von einer konkreten Sprachkonzeption werden die wichtigsten Aspekte der Projektierung, der Entwicklung von Algorithmen, der Auswahl einer konkreten Sprache, der Wahl von Ein- und Ausgabe im Rahmen einer Mensch-Maschine-Kommunikation sowie der strukturierten Programmierung behandelt. Große Bedeutung erhält darüberhinaus die Vervollkommnung von Programmen, die Fehlerverhinderung und Ressourcenökonomie. In allen Fällen, in denen eine konkrete Illustration der Anschaulichkeit dient, werden Programmbeispiele in ALGOL (60, 68), FORTRAN IV, PASCAL oder aber in einer Pseudosprache gegeben. Behandelt werden auch spezielle Probleme, wie heuristische Programmierung, Beherrschung großer Datenmassive und großer Programme. Abschließend enthält die Arbeit wichtige Hinweise zur Programmdokumentation, zur Konsultation, zur Arbeit mit fremden Programmen und zur kollektiven Softwareproduktion.
Selbstverständlich soll dieses Buch nicht das Studium einer konkreten Sprache ersetzen, es ergänzt es jedoch. Beim Leser werden Grundkenntnisse und eigene Erfahrungen zumindest bei kleineren Programmen vorausgesetzt. Die am Ende zusammengestellten Kontrollfragen erlauben eine Wissensüberprüfung, die enthaltenen Literaturhinweise ermöglichen die Vertiefung der Kenntnisse.

B 2337 J.-A. MÜLLER

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV). 3., völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage. Von J. WILHELM u. a. Sindelfingen: expert verlag 1986. 323 Seiten, 255 Bilder.

Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) als Eigenschaft einer Betrachtungseinheit (Bauelement, Baugruppe, Gerät, Anlagenteil) in ihrer elektromagnetischen Umgebung zufriedenstellend zu funktionieren und dabei ihr Umfeld selbst nicht in unzulässiger Weise elektromagnetisch zu belasten, ist heute im Zeitalter der Breitenanwendung mikroelektronischer Systeme in den Bereichen der zivilen und militärischen Kommunikations- und Datenverarbeitungstechnik, zur Realisierung rechnerunterstützter Arbeitsweisen (CAE, CAD) sowie zur automatischen Führung, Überwachung, Steuerung und Regelung komplexer Systeme und deren Komponenten (CIM, CAM) zu einem Qualitäts- und Sicherheitskriterium von besonderem Gewicht herangereift. Infolge der ständig weiter fortschreitenden Aggressivierung der elektromagnetischen Umgegebung sowie der raschen Zunahme des informationselektronischen Geräteparks wird ein immer größerer Kreis von Entwicklern, Konstrukteuren, Projektanten, Herstellern und Betreibern entsprechender Geräte und Anlagen mit den Fragen der Sicherung der EMV in diesen Einrichtungen konfrontiert.
Durch die zielgerichtete Anwendung technischer und organisatorischer Maßnahmen mit vertretbarem Aufwand ist ein den jeweiligen Erfordernissen entsprechendes EMV-Niveau zu erreichen.
Große Teile des zur Lösung dieser Aufgaben erforderlichen Grund- und Spezialwissens sind in den insgesamt 12 Kapiteln des Buches dargestellt. Nach einer Einführung in Begriffe, Normen und Probleme der EMV werden folgende Schwerpunkte behandelt: elektromagnetische Beeinflussung durch leistungselektronische Wandler, Störsicherheit elektronischer Systeme, Entstehung und Simulation von Netzstörungen, Meßtechnik EMV-relevanter Größen und Signale, EMV-gerechte Ausführung der Verkabelung sowie der Gerätegehäuse und Masseverbindungen, besondere Probleme in Systemen mit HF-Geräten, Sicherung der EMV durch den Einsatz von Entstörbauelementen, Wirkung elektromagnetischer Felder auf Organismen, Fragen der Schirmung sowie der technischen Gestaltung und Ausführung von Meßkabinen und Absorberräumen, Vorgehen bei der Sicherstellung der EMV bei Geräten und in Systemen sowie Aufbau und Arbeitsweise automatisierter EMV-Meßsysteme zur effektiven Erfassung von Störemissionen und zur Störfestigkeitstestung von Geräten.
Die 3. Auflage des Buches ist, wie übrigens auch die ersten beiden Auflagen, für Praktiker verständlich abgefaßt und mit zahlreichen Beispielen sowie sehr instruktivem Bildmaterial versehen. Es ist deshalb allen an der Entwicklung, Herstellung und Einsatzgestaltung elektrischer Betriebsmittel sowie der an der Projektierung und Ausführung von Automatisierungsanlagen beteiligten Technikern und Ingenieuren und auch Weiterbildungsteilnehmern als Arbeitsmittel und EMV-Beratungskompendium zu empfehlen.

B 2274 E. HABIGER

Kurzfassungen

LAUENROTH, H.-G.:

Orgware für die computerintegrierte Fertigung

msr, Berlin 31 (1988) 12, S. 530—533

Vorbereitung und Einführung komplexer CIM-Lösungen erfordern die Entwicklung leistungsfähiger Org-, Soft- und Hardware. Im Beitrag werden Anforderungen, Inhalt und Formen von CIM-Orgware unter besonderer Berücksichtigung der schöpferischen Tätigkeit der Menschen und der zunehmenden Wissensverarbeitung entwickelt und Schwerpunkte weiterführender Arbeiten formuliert.

GÄTKE, J.:

Aufwandsreduzierte Methode zur Durchflußmengenmessung an natürlichen Fließgewässern

msr, Berlin 31 (1988) 12, S. 533—537

Es wird eine Vorgehensweise bei der praktischen Durchflußmengenmessung an natürlichen Fließgewässern beschrieben, die gegenüber der herkömmlichen Praxis eine erhebliche Reduzierung des Aufwandes beim Messen und beim Auswerten bei vertretbaren Fehlern bedeutet. Die Methode wird durch Ergebnisse aus vorliegenden Messungen belegt.

HERRMANN, D.:

Berührungsloser Wellenschwingungsaufnehmer mit geringer Abhängigkeit von der Stahlzusammensetzung

msr, Berlin 31 (1988) 12, S. 538—539

Es wird ein „Dreispulen"-Wirbelstromverfahren zur statischen und dynamischen Messung von Wellenschwingungen vorgestellt, das gegenüber dem bekannten „Einspulen"-Wirbelstromverfahren eine sehr geringe Abhängigkeit der Meßanzeige von der Stahlzusammensetzung des Meßobjektes aufweist.

CEVIK, M. K.; NAUNIN, D.:

Vollständig digitale Regelung von Servoantrieben

msr, Berlin 31 (1988) 12, S. 540—545

Analoge Regler für Servoantriebe haben verschiedene Nachteile. Es wird deshalb ein neues rein digitales Steuerungskonzept vorgestellt, das in einem Roboter seine Anwendung findet und folgende Schwerpunkte enthält: 1. je Antriebsachse ein rein digitaler Achsenrechner für eine Lageregelung unter Verwendung eines Einchipmikrorechners, 2. ein dadurch bedingtes Gesamtsystem mit verteilter Intelligenz und einem Bahnrechner als Master, 3. die Implementierung des Zustandsreglers als optimaler Regler. Die Achsenrechnerkarte, die Sensorik und der Regelalgorithmus werden beschrieben und Ergebnisse von Sprungbefehlen und Roboterbewegungen dokumentiert.

BRYKALSKI, A.; SELL, J.:

Zur Meßautomatisierung in Fernheizungsobjekten

msr, Berlin 31 (1988) 12, S. 545—547

Im Beitrag wird ein System zur automatischen Datenregistrierung und -verarbeitung in Fernheizungsobjekten vorgestellt. Das System gestattet die binäre Messung und Aufzeichnung von bis zu maximal 31 Analogsignalen (Temperatur, Durchflußmenge, Druck). Die auf Kassettenmagnetband gespeicherten Binärdaten werden mit den Programmen des Softwarepaketes BPPDC analysiert.

ZIETZ, H.:

Verallgemeinerte Diagonaldominanz — Grundlagen und Anwendung

msr, Berlin 31 (1988) 12, S. 548—551

Es werden die Grundlagen der verallgemeinerten Diagonaldominanz dargelegt, die den maximalen Rahmen für die Dekomposition von Mehrgrößenregelungen in Eingrößensysteme erfaßt und ihre Anwendung für die Analyse und den Reglerentwurf behandelt. Für die praktisch häufigsten Fälle, $m \leqq 5$, werden vereinfachte Kriterien für den Nachweis der verallgemeinerten Diagonaldominanz angegeben.

NIKOLAIZIK, J.:

Spezielle Computerkonfigurationen zur Tolerierung von Zweifachfehlern in komplexen fehlertoleranten Automatisierungssystemen

msr, Berlin 31 (1988) 12, S. 552—557

Automatisierungssysteme für Einsatzbereiche mit hohen Zuverlässigkeits- und Sicherheitsanforderungen sind nach speziellen Sicherheitsprinzipien zu entwerfen. Eines dieser Sicherheitsprinzipien fordert, daß sicherheitsrelevante Aufgaben mindestens von zwei voneinander unabhängigen Einheiten bearbeitet werden. Um diese Forderungen auch bei Zweifachfehlern im Automatisierungssystem erfüllen zu können, sind spezielle Computerkonfigurationen erforderlich. Im Beitrag wird auf derartige Konfigurationen näher eingegangen.

Резюме

LAUENROTH, H.-G.:

Организационное обеспечение для производства с интегрированной вычислительной машиной

msr, Berlin 31 (1988) 12, стр. 530—533

Подготовка и введение комплексных решений для изготовления с интегрированной вычислительной машиной требуют разработки мощного организационного, математического и аппаратурного обеспечения. В статье разработаны требования, содержание и формы организационного обеспечения для изготовления с интегрированной вычислительной машиной с особым учетом творческой деятельности человека и увеличивающейся обработки знаний, а также сформулированы центры тяжести будущих работ.

GÄTKE, J.:

Метод с сниженными затратами для измерения количества расхода естественных проточных вод

msr, Berlin 31 (1988) 12, стр. 533—537

Описан образ действия при практическом измерении количества расхода естественных проточных вод, который по сравнению с традиционной практикой обозначает значительное снижение затрат при измерении и оценке приемлемых ошибок. Метод подтверждается результатами из настоющих измерений.

HERRMANN, D.:

Бесконтактный датчик вибрации волн с небольной зависимостью от состава стали

msr, Berlin 31 (1988) 12, стр. 538—539

Представлен метод трехсекционного вихревого тока статического и динамического измерения вибраций волн, который по сравнению с известным методом односекционного вихревого тока показывает очень незначительную зависимость показания измерения от состава стали объекта измерения.

CEVIK, M. K.; NAUNIN, D.:

Полностью цифровое регулирование сервоприводов

msr, Berlin 31 (1988) 12, стр. 540—545

Аналоговые регуляторы для сервоприводов имеют различные недостатки. Поэтому представляется новая, чисто цифровая концепция управления, которая применяется в роботе и содержит следующие основные пункты: 1. по каждой оси привода — чисто цифровой вычислитель оси для регулирования положения при применении однокристальной микро-ЭВМ, 2. обусловленная таким образом общая система с распределенным интеллектом и объемным вычислителем в качестве мастера, 3. имплементация регулятора состояния в качестве оптимального регулятора. Описаны карта осевых вычислителей, сенсорик и алгоритм регулирования и показаны результаты команд перехода и движения робота.

BRYKALSKI, A.; SELL, J.:

Об автоматизации измерения в объектах теплофикации

msr, Berlin 31 (1988) 12, стр. 545—547

В статье представлена система автоматической регистрации данных и обработки данных в объектах теплофикации. Система позволяет двоичное измерение и запись макс. 31 аналогого сигнала (температура, количество расхода, давление). Запомненные на кассетной магнитной ленте двоичные данные анализованы при помощи программ пакета матобеспечения „BPPDC".

ZIETZ, H.:

Обобщенный диагональный доминанс — основы и применение

msr, Berlin 31 (1988) 12, стр. 548—551

Изображены основы обобщенного диагонального доминанса, который воспринимает максимальную рамку декомпозиции регулирования нескольких величин в системах с одной величиной и рассматривает их применение для анализа и проекта регулирования. Для самых частых случаев м $\leqq$ 5 указаны упрощенные критерии для доказательства обобщенного диагонального доминанса.

NIKOLAIZIK, J.:

Специальная конфигурация компютеров для допуска дублированных погрешностей в комплексных системах автоматизации с допуском погрешностей

msr, Berlin 31 (1988) 12, стр. 552—557

Системы автоматизации для областей применения с высокими требованиями к надежности и безопасности следуют проектировать по специальным принципам безопасности. Один из этих принципов безопасности требует, чтобы задачи релевантной безопасности были обработаны как минимум двумя независимо друг от друга единицами. С целью выполнения этих требований также и при дублированных погрешностях в системе автоматизации требуются специальные конфигурации компютера. В статье подробно описаны такие конфигурации.

Summaries

LAUENROTH, H.-G.:

Orgware for Computer-Integrated Manufacturing

msr, Berlin 31 (1988) 12, pp. 550—553

The preparation and introduction of complex CIM projects require the development of efficient orgware, software and hardware. In this contribution the author develops requirements, contents and forms of CIM orgware with particular consideration of the creative human activities and the increasing knowledge processing as well as formulates focal points of future work.

GÄTKE, J.:

Expense-reduced Method for Flow Measurement in Natural Flowing Waters

msr, Berlin 31 (1988) 12, pp. 533—537

For the practical flow measurement in natural flowing waters, the author describes an approach which in comparison with the commonly used method leads to a considerable reduction of the expense of measurement and evaluation with still justifiable errors. The method is verified by results obtained from existing measurement data.

HERRMANN, D.:

Contactless Shaft Oscillation Sensor having Little Dependence upon the Steel Composition

msr, Berlin 31 (1988) 12, pp. 538—539

For the static and dynamic measurement of shaft oscillations the author presents a three-coils eddy current method which in comparison with the known single-coil eddy current method shows a very little dependence of the measurement display upon the steel composition of the object to be measured.

CEVIK, M. K.; NAUNIN, D.:

Completely Digital Control of Servodrives

msr, Berlin 31 (1988) 12, pp. 540—545

Analog controllers for servodrives having different shortcomings, the authors present a new purely digital control concept which is applied to a robot and characterized as follows: 1. for each driving shaft a purely digital shaft computer for a position control by the use of a single-chip microcomputer, 2. thus an overall system with distributed intelligence and a trajectory computer as master, 3. the implementation of the state feedback controller as an optimal controller. The shaft computer card, the sensors and the feedback control algorithm are described and the results of step commands and robot movements are documented.

BRYKALSKI, A.; SELL, J.:

Measurement Automation in District Heating Objects

msr, Berlin 31 (1988) 12, pp. 545—547

The authors present a system for automatic data recording and processing in district heating objects. The system allows the binary measurement and recording up to maximally 31 analog signals (temperature, flow rate, pressure). The binary data stored on cassette magnetic tape are analysed by means of the programs of the software package BPPDC.

ZIETZ, H.:

Generalized Diagonal Dominance — Fundamentals and Application

msr, Berlin 31 (1988) 12, pp. 548—551

The author presents the fundamentals of the generalized diagonal dominance covering the scope for the decomposition of multivariable feedback controls into single-variable systems and deals with its application to the analysis and the feedback controller design. For the practically arising cases $m \leqq 5$ simplified criteria for proving the generalized diagonal dominance are given.

NIKOLAIZIK, J.:

Special Computer Configurations for Tolerating Double Errors in Complex Fault-Tolerant Automation Systems

msr, Berlin 31 (1988) 12, pp. 552—557

Automation systems for fields demanding high reliability and safety are to be designed according to special safety principles. One of them requires that problems of high safety relevance must be treated at least by two units independent one of the other. In order to meet these requirements also with double errors in the automation system, special computer configurations are necessary. The author treats such configurations in more detail.

Résumés

LAUENROTH, H.-G.:

Orgware pour la fabrication aux ordinateurs intégrés

msr, Berlin 31 (1988) 12, pp. 550—553

La préparation et l'introduction des projets complexes CIM exigent le développement d'orgware, de logiciel et de matériel efficaces. Dans cette contribution, l'auteur développe les exigences, les contenus et formes de l'orgware CIM en tenant particulièrement compte de l'activité humaine créative et du traitement de savoir accroissant ainsi que formule des points cardinaux du travail futur.

GÄTKE, J.:

Méthode réduite en dépense pour la mesure de débit dans les eaux courantes naturelles

msr, Berlin 31 (1988) 12, pp. 533—537

Pour la mesure de débit pratique dans les eaux courantes naturelles, l'auteur décrit une approche qui, en comparaison avec la méthode utilisée traditionnellement, réduit considérablement la dépense en mesure et en évaluation avec des erreurs tolérables. La méthode est vérifiée par des résultats obtenus à partir des mesures disponibles.

HERRMANN, D.:

Capteur d'oscillations d'arbre sans contact à petite dépendance de la composition d'acier

msr, Berlin 31 (1988) 12, pp. 538—539

Pour la mesure statique et dynamique des oscillations d'arbre, l'auteur présente une méthode par courant tourbillonnaire à trois bobines qui en comparaison avec la connue méthode par courant tourbillonnaire à une bobine montre une très petite dépendance de l'affichage de mesure de la composition d'acier de l'objet à mesurer.

CEVIK, M. K.; NAUNIN, D.:

Régulation complètement numérique de servo-entraînements

msr, Berlin 31 (1988) 12, pp. 540—545

Des régulateurs analogiques pour des servo-entraînements ayant des désavantages différents, les auteurs présentent un nouveau concept de commande purement numérique qui est utilisé dans un robot et caractérisé comme suit: 1. pour chaque axe d'entraînement un ordinateur d'axe purement digital pour un réglage de position à l'aide d'un micro-ordinateur à un chip, 2. c'est pourquoi, un système total à intelligence distribuée et un ordinateur de trajectoire comme maître, 3. l'implémentation du régulateur d'état comme un régulateur optimal. La carte d'ordinateur d'axe, les capteurs et l'algorithme de réglage sont décrits et les résultats de signaux de saut et de mouvements de robot sont documentés.

BRYKALSKI, A.; SELL, J.:

Automatisation de la mesure dans des objets de chauffage urbain

msr, Berlin 31 (1988) 12, pp. 545—547

Les auteurs présentent un système pour l'emmagasinage et le traitement automatiques des données dans des object de chauffage urbain. Le système permet de mesurer et enregistrer binairement jusqu'à maximalement 31 signaux analogiques (température, débit, pression). Les données binaires emmagasinées sur bande magnétique en cassette sont analysées à l'aide de programmes du paquet de logiciel BPPDC.

ZIETZ, H.:

La dominance diagonale généralisée — les fondements et l'application

msr, Berlin 31 (1988) 12, pp. 548—551

L'auteur présente les fondements de la dominance diagonale généralisée couvrant le cadre pour la décomposition des réglages multidimensionnels dans des systèmes à une variable et traite son emploi pour l'analyse et la conception de régulateur. Pour les cas pratiquement les plus fréquents $m \leqq 5$, des critères simplifiés pour la preuve de la dominance diagonale généralisée sont donnés.

NIKOLAIZIK, J.:

Configurations d'ordinateurs spéciales pour tolérer des erreurs doubles dans les systèmes d'automatisation complexes à tolérance de faute

msr, Berlin 31 (1988) 12, pp. 552—557

Les systèmes d'automatisation pour des champs demandant une haute fiabilité et une haute sûreté doivent être conçus selon des principes de sûreté spéciaux. Un de ces principes de sûreté exige que des tâches à haute sûreté sont traitées, au moins, par deux unités indépendantes l'une de l'autre. Pour remplir ces exigences aussi en cas d'erreurs doubles dans le système d'automatisation, des configurations d'ordinateurs spéciales sont nécessaires. L'auteur traite telles configurations plus amplement.

Neue Bücher aus der UdSSR

Hierbei handelt es sich um neue Titel aus der UdSSR, die dem sowjetischen Neuerscheinungsdienst „Novye knogi" entnommen sind. Die Bücher können über den Volksbuchhandel bestellt werden.

[1] JENSEN, K.; VIRT, N.: Paskal': rukovodstvo dlja pol'zovatelja (PASCAL-Anleitung für den Anwender. Übers. aus dem Engl.). Finansy i statistika. 1. Quart. 1989. NK 88-13 (116).

[2] KOZLOV, V.; KUPRIJANOV, V.; ZABOROVSKIJ, V.: Vyčislitel'nye metody sinteza sistem avtomatičeskogo upravlenija (Rechentechnische Methoden zur Synthese von Steuerungssystemen). Izd-vo Leningr. un-ta. 1. Quart. 1989. NK 88-13 (118).

[3] Rukovodstvo po rabote mikroEVM (Handbuch zur Arbeit von Mikrorechnern). Finansy i statistika. 3. Quart. 1989. NK 88-13 (121).

[4] TAUNSEND, K.; FOCHT, D.: Proektirovanie i programmnaja realizacija ekspertnych sistem na personal'nych EVM (Projektierung und programmtechnische Realisierung von Expertensystemen auf dem PC). Finansy i statistika. 4. Quart. 1989. NK 88-13 (122).

[5] FORTRAN-77 ES EVM (FORTRAN-77 für EDVA des ESER) Finansy i statistika. 3. Quart. 1989. NK 88-13 (123).

[6] ŠILEJKO, A.; ŠILEJKO, T.: Besedy ob informatike (Gespräche über Informatik). Mol. gvardija. 3. Quart. 1989. NK 88-15 (66).

[7] OVČARENKO, N.: Analogovye i cifrovye elementy avtomatičeskich ustrojstv (Analoge und digitale Elemente automatischer Anlagen). Energoatomizdat. 1. Quart. 1989. NK 88-15 (128).

[8] BARZAM, A.: Sistemnaja avtomatika (Systemautomatik) Energoatomizdat. 3. Quart. 1989. NK 88-15 (162).

[9] EGOROV, A.; SOTNIKOV, V.: Linejnye modeli rešenija pri upravlenii chimičeskimi processami (Lineare Entscheidungsmodelle zur Steuerung chemischer Prozesse). Izd-vo Leningr. un-ta. 2. Quart. 1989. NK 88-15 (447).

[10] VOROB'EV, V.; ELSUKOV, A.: Teorija i eksperiment (Theorie und Experiment). Vyšejšaja škola (BSSR). 3. Quart. 1989. NK 88-16 (41).

[11] KARANDYŠEV, JU.: Razvivajuščiesja roboty buduščego (Die sich entwickelnden Roboter der Zukunft). Vyšejšaja škola (BSSR). 3. Quart. 1989. NK 88-16 (42).

[12] Aktual'nye zadači teorii dinamičeskich sistem upravlenija (Aktuelle Aufgaben der Theorie dynamischer Systeme). Nauka i technika (BSSR). 3. Quart. 1989. NK 88-16 (45).

[13] ALIEV, R.: Metody integracii v sistemach upravlenija proizvodstvom (Integrationsmethoden in Steuerungssystemen der Produktion). Energoatomizdat. 1. Quart. 1989. NK 88-16 (124).

[14] GURIN, N.; SKOMOROCHOV, A.: Analitičeskie vyčislenija v sisteme REDUCE (Analytische Berechnungen im System REDUCE). Nauka i technika (BSSR). 1. Quart. 1989. NK 88-16 (125).

[15] METLICKIJ, E.; KAVERSNEV, V.: Sistemy parallel'noj pamjati. Teorija, proektirovanie, primenenie (Systeme paralleler Speicher. Theorie, Projektierung, Anwendung). Izd-vo Leningr. un-ta. 3. Quart. 1989. NK 88-16 (128).

[16] PEROVSKAJA, E.; FETISOV, V.: Avtomatizacija gibkich diskretnych sistem (Automatisierung flexibler diskreter Systeme). Izd-vo Leningr. un-ta. 2. Quart. 1989. NK 88-16 (130).

[17] BOGUSLAVSKIJ, L.; DROŽŽINOV, V.: Osnovy postroenija vyčislitel'nych setej dlja avtomatizirovannych sistem (Grundlagen der Entwicklung von Rechnernetzen für automatisierte Systeme). Energoatomizdat. 3. Quart. 1989. NK 88-16 (132).

[18] GRINŠPAN, L.: Metody analiza stochastičeskich setevych modelej vyčislitel'nych sistem (Methoden zur Analyse stochastischer Netzmodelle rechentechnischer Systeme). Nauka i technika (BSSR). 1. Quart. 1989. NK 88-16 (133).

[19] ZVEREV, V.: Avtomatizirovannaja sistemy upravlenija predprijatiem piščevoj promyšlennosti (Automatisierte Systeme zur Steuerung der Lebensmittelindustrie). Agropromizdat. 2. Quart. 1989. NK 88-16 (377).

[20] KORINČEV, L.; CISTJAKOV, A.: FORTRAN (FORTRAN). Vyss. skola. 3. Quart. 1989. NK 88-16 (385)

[21] PAPUŠIN, V.; LUK'JANOV, A.: Osnovy avtomatiki, vyčislitel'noj i mikroprocessornoj techniki (Grundlagen der Automatik, Rechen- und Mikroprozessortechnik). Agropromizdat. 3. Quart. 1989. NK 88-16 (402).

[22] VASIL'EV, V.; BARANOV, V.: Modelirovanie zadač optimizacii i differencial'nych igr (Modellierung von Optimierungsaufgaben und Differentialspielen). Naukova dumka (USSR). 2. Quart. 1989. NK 88-17 (8).

[23] KOVALENKO, I.; NAKONEČNYJ, A.: Približennyj rasčet i optimizacija nadežnosti (Näherungsweise Berechnung und Optimierung der Zuverlässigkeit). Naukova dumka (USSR). 1. Quart. 1989. NK 88-17 (9).

[24] MALINOVSKIJ, B.; BOJUN, V.; KOZLOV, L.: Vvedenie v kibernetičeskuju techniku. Parallel'nye struktury i metody (Einführung in die kybernetische Technik. Parallele Strukturen und Methoden). Naukova dumka (USSR). 1. Quart. 1989. NK 88-17 (11).

[25] Ustojčivost' adaptivnych sistem (Stabilität adaptiver Systeme). Mir. 3. Quart. 1989. NK 88-17 (13).

[26] CHORN, B.: Zrenie robotov (Sehen von Robotern. Übers. aus dem Engl.). Mir. 3. Quart. 1989. NK 88-17 (14).

[27] ŠLEZINGER, M.: Matematičeskie sredstva obrabotki izobraženij (Mathematische Mittel zur Verarbeitung von Darstellungen). Naukova dumka (USSR). 2. Quart. 1989. NK 88-17 (15).

[28] BAUER, F.; GOOZ, G.: Informatika. Vvodnyj kurs (Informatik. Einführung). Mir. 4. Quart. 1989. NK 88-17 (16).

[29] BERJUK, V.: Dinamika i optimizacija robototechničeskich sistem (Dynamik und Optimierung robotertechnischer Systeme). Naukova dumka (USSR). 2. Quart. 1989. NK 88-17 (18). msr 8975

Impressum

messen · steuern · regeln

Herausgeber: Kammer der Technik, Wissenschaftlich-Technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik (WGMA)

Verlag: VEB Verlag Technik, Oranienburger Str. 13/14, PSF 201, Berlin, DDR-1020, Telegrammadresse: Technikverlag Berlin; Telefon 2 87 00; Telex: 011 222 8 techn dd

Verlagsdirektor: Dipl.-Ing. KLAUS HIERONIMUS

Redaktion: Dr.-Ing. DIETRICH WERNER, Verantwortlicher Redakteur (Telefon: 2 87 03 62)
Dr.-Ing. JÜRGEN WEDE, Redakteur (Telefon: 2 87 03 74)

Gestaltung: VERONIKA BECKER

Lizenz-Nr.: 1112 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik

AN (EDV): 15 936

Erscheinungsweise: monatlich 1 Heft

Heftpreis: 4,— M, Abonnementpreis vierteljährlich 12,— M; Auslandspreise sind den Zeitschriftenkatalogen des Außenhandelsbetriebs BUCHEXPORT zu entnehmen.

Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer", Bad Langensalza, 5820

Anzeigenannahme: Für Bevölkerungsanzeigen alle Anzeigen-Annahmestellen in der DDR, für Wirtschaftsanzeigen der VEB Verlag Technik, Oranienburger Str. 13/14, PSF 201, Berlin, 1020. Anzeigenpreisliste Nr. 7; Auslandsanzeigen: Interwerbung GmbH, Hermann-Duncker-Str. 89, Berlin, DDR-1157

Rechtsvorbehalt: Nachdrucke, Übersetzungen sowie Vervielfältigung jeglicher Art von vollständigen oder auszugsweisen Text- oder Bildbeiträgen bedürfen der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Verlages. Referate, Besprechungen und genehmigte Vervielfältigungen sind nur mit genauer Quellenangabe zulässig. Erfüllungsort ist der Sitz des Verlages in Berlin-Mitte.

Bezugsmöglichkeiten:

DDR: sämtliche Postämter

SVR Albanien: Direktorije Quendrore e Perhapjes dhe Propaganditit te Librit Bruga Konference e Pezes, Tirana

VR Bulgarien: Direkzia R.E.P., 11a, Rue Paris, Sofia

VR China: China National Publications Import and Export Corporation, West Europe Department, P.O. Box 88, Beijing

ČSSR: PNS — Ústřední Expedicia a Dovoz Tisku Praha, Slezska 11, 12000 Praha 2; PNS, Ústredná Expedicia a Dovoz Tlače, Pošta 002 885 47 Bratislava

SFR Jugolawien: Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27, Beograd; Izdavačko Knjižarako Produzeče MLADOST, Ilica 30, Zagreb

Koreanische DVR: CHULPANMUL Korea Publications Export & Import Corporation, Pyongyang

Republik Kuba: Empresa de Comercio Exterior de Publicaciones, O'Reilly No. 407, Ciudad Habana

VR Polen: C. K. P. i. W. Ruch, Towarowa 28, 00-958 Warszawa

SR Rumänien: D.E.P. Bukureşti, Piaţa Scienteii, Bukureşti

Ungarische VR: P.K.H.I., Külföldi Elöfizetési Osztály, P.O. Box 16, 1426 Budapest

UdSSR: Städtische Abteilungen von Sojuzpečat oder Postämter und Postkontore

SR Vietnam: XUNHASABA, 32, Hai Ba Trung, Hanoi

BRD und Berlin (West): ESKABE Kommissions-Grossobuchhandlung, Postfach 36, 8222 Ruhpolding/Obb.; Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, Eichborndamm 141—167, Berlin (West) 52; Kunst und Wissen Erich Bieber OHG, Postfach 46, 7000 Stuttgart 1; Gebrüder Petermann, BUCH + ZEITUNG INTERNATIONAL, Kurfürstenstraße 111, Berlin (West) 30

Österreich: Helios Literatur-Vertriebs-GmbH & Co. KG, Industriestraße B 13, A-2345 Brunn am Gebirge

Schweiz: Verlagsauslieferung Wissenschaft der Freihofer AG, Weinbergstraße 109, 8033 Zürich

Alle anderen Länder: örtlicher Buchhandel; BUCHEXPORT Volkseigener Außenhandelsbetrieb der Deutschen Demokratischen Republik, Postfach 160, Leipzig, DDR-7010 und Leipzig Book Service, Talstraße 29, Leipzig, DDR-7010.

Abnahmebedingungen:

Die Redaktion veröffentlicht nur Originalbeiträge. Für Nachdrucke, Übersetzungen oder Vervielfältigungen jeglicher Art gilt der Rechtsvorbehalt. Die Redaktion behält sich Änderungsvorschläge bei der Beitragsbearbeitung vor. Die Beiträge müssen generell mit einer Veröffentlichungsfreigabe des Betriebes oder der Institution der Autoren versehen sein.

Bei der Anfertigung von Beiträgen sind unbedingt die Manuskripthinweise zu beachten. Diese sind dem Heft 5/1988, S. 237, zu entnehmen bzw. werden von der Redaktion auf Anfrage zugesandt. Die Einhaltung der Manuskripthinweise bildet die Voraussetzung für eine zügige und sachgerechte Beitragsbearbeitung.

Nachnutzung Mikroelektronik

Der EDV-gestützte Nachweisspeicher Angewandte Mikroelektronik (ZNAM) sammelt und stellt Informationen über Anwendungsfälle der Elektronik/Mikroelektronik aus allen Bereichen der Volkswirtschaft der DDR zur forcierten Anwendung bereit. Die Informationen umfassen Funktionseinheiten, Geräte, Anlagen und Ausrüstungen, die mit dem in der DDR verfügbaren Bauelemente- und Peripheriesortiment vorrangig für die Rationalisierung von Produktionsprozessen realisiert sind und **nicht kommerziell** zur Verfügung stehen.
Aus dem ZNAM werden bereitgestellt:

- Anwenderberichte über einzelne Anwendungsfälle auf Mikrofilm
- vollständiger Mikroplanfilmspeicher aller Anwenderberichte mit Ergänzungsdienst/auch mit Übersichtstabellen
- ZNAM-Kataloge (2 Ausgaben/Jahr)
- Recherchen auf EDV-Basis.

Lieferbare Angebotsrecherchen aus dem ZNAM (Stand Juni 1988):

AR 2/85 Test- und Prüfgeräte für Service und Labor (175); 95,— M
AR 010/86 Zusatzbaugruppen für Mikrorechnersysteme (76); 95,— M
AR 011/87 Zusatzbaugruppen für Mikrorechnersysteme (Ergänzung zu AR 010/87) (92); 115,— M
AR 020/86 Einsatz von Mikroprozessoren/Mikrorechnern in der Volkswirtschaft (246); 230,— M
AR 030/87 ME-Einsatz zur rationellen Energieanwendung (95); 125,— M
AR 040/87 Mikroelektronik für Temperaturmessung und -regelung (108); 130,— M
AR 060/88 Mikroelektronik für die Längenmessung (178); 190,— M
AR 070/88 Mikroelektronik für die Volumenmessung (96); 130,— M
AR 080/88 Mikroelektronik für die Zeitmessung (110); 145,— M
AR 090/88 Mikroelektronik für die Frequenzmessung (100); 130,— M
AR 100/88 Mikroelektronik für die Drehzahlmessung (136); 150,— M

(In Klammern jeweils Anzahl der Nachweise).
In Vorbereitung für das 2. Halbjahr 1988 (jeweils etwa 150 Nachweise, Preis etwa 150,— M):

AR 021/88 Einsatz von Mikroprozessoren/Mikrorechnern in der Volkswirtschaft (Ergänzung zu AR 020/86)
AR 031/88 ME-Einsatz zur rationellen Energieanwendung (Ergänzung zu AR 30/87)
AR 120/88 ME-Einsatz bei TUL-Prozessen.

Bei vergriffener Recherche erfolgt u. U. eine Überarbeitung (Ergänzung auf neuesten Stand oder Neuausschrift) zum veränderten Preis.

Bestellungen bzw. Vorbestellungen bitte schriftlich an:

VEB Applikationszentrum
Elektronik Berlin
Abt. DA
PF 211
Berlin
1035
Grundsätzliche Auskünfte zu Recherchen unter:
Tel.: Berlin 4300811 App. 22.

Achtung: Für den ZNAM besteht gemäß Anordnung über den Informationsdienst Entwicklung und Anwendung der Mikroelektronik vom 8. Juli 1983 (GBl. I Nr. 22, S. 227) Berichtspflicht!
Dies betrifft u. a. abgeschlossene

- Rationalisierungslösungen
- wissenschaftlich-technische Leistungen aus der Neuerer- und MMM-Bewegung
- Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung
- Beleg- und Abschlußarbeiten u. a.,

die den oben genannten Kriterien entsprechen. Die Berichtspflicht ist durch die Ursprungsbetriebe zu erfüllen.

EUROMET

Anfang dieses Jahres fand in der Physikalich-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig/BRD die konstituierende Sitzung des EUROMET-Komitees statt. In der EUROMET sind **alle** staatlichen metrologischen Institute Westeuropas vertreten. Die Ziele von EUROMET sind

1. Engere Zusammenarbeit bei der Arbeit an meßtechnischen Normalen unter Berücksichtigung der derzeitigen dezentralen Struktur
2. Bessere Ausnutzung der Ressourcen und Leistungen in gemeinsamer Absprache
3. Die Meßdienste zu verbessern und die nationalen Einrichtungen allen Mitgliedern zugänglich zu machen.

Damit hat EUROMET folgende besondere Aufgaben

1. Koordinierung von einzelnen meßtechnischen Projekten
2. Koordinierung größerer Investitionen über meßtechnische Einrichtungen
3. Transfer von Fachwissen auf dem Gebiet der Metrologie
4. Austausch von Informationen über meßtechnische Möglichkeiten und Leistungen.

Es finden erstmals echte Schritte der Absprache zu Arbeitsteilung, Rationalisierung und gemeinsamer Bearbeitung schwieriger meßtechnischer Aufgaben statt. Die Konzentration auf wichtige Gebiete unter optimalem Mitteleinsatz bei guter Koordinierung soll zur Stärkung der metrologischen Struktur Westeuropas beitragen und so ein transparentes und einheitliches metrologisches Handeln ermöglichen.

Hochleistungsrechner für PTB

Im Juni dieses Jahres wurde in der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt der BRD ein neues Hochleistungsrechnersystem eingeweiht. Das gesamte Objekt umfaßt ein kleineres System CYBER 180-810 A für administrative und das Hochleistungssystem CYBER 180-990 E für wissenschaftlich-technische Aufgaben, jeweils von der Fa. *Control Data* (CDC)/USA.
Mit 30 Mill. Operationen je s gehört der Hauptrechner zur Spitzenklasse unter den Universalrechnern. Bei Datenfeldern kommt ein integrierter Vektorteil zum Einsatz, der eine Leistung von 57 Mill. Operationen je s ermöglicht.
Die anwenderfreundliche und komfortable Software führte schnell zur Akzeptanz unter den Anwendern.
Der Zugriff zum Rechner erfolgt vom jeweiligen Arbeitsplatz, entweder mit einem Sichtgerät oder einem Personalcomputer, über ein eigens installiertes Lichtwellenleiternetz, womit eine störungssichere Datenübertragung gewährleistet ist. Der Zugriff auf andere Rechner über nationale und internationale Datenetze ist sichergestellt, so daß internationale Zusammenarbeit an gemeinsamen Projekten ermöglicht wird.
Die hohen Rechenleistungen werden für unterschiedlichste wissenschaftliche Aufgaben, wie Experimentauswertung (Metrologie), Grundlagenforschung (Festkörperphysik), molekulardynamische Untersuchungen und Simulation von Experimenten (Personendosimetrie, Strahlenschutz, Strahlentherapie usw.), benötigt.

Roboter für Kleinteile

Die Fa. *NEC Corp.*/Japan bietet unter der Bezeichnung **NR 201** einen kompakten und leichten Roboter an, der besonders für die Herstellung kleinformatiger mechanischer Teile, z. B. Schalter, Steckverbinder usw., geeignet ist. Er läßt sich platzsparend auf einem Tisch montieren (Bauhöhe 70 cm). Der Roboter hat einen horizontalen Arbeitsbereich und kann bei einem Eigengewicht von 11 kg Lasten zwischen 1 und 3 kg tragen. Durch entsprechende Ausrüstung der Roboterhand können auch komplizierte Aufgaben ausgeführt werden. Zwei- und Vierachsen-Versionen sind verfügbar. Die hohe Arbeitsgeschwindigkeit des Roboters ermöglicht eine wesentliche Reduzierung der Herstellungszeiten für mechanische Bauteile.

Störfälle rechtzeitig erkennen

Eine besonders aktuelle Aufgabe auf dem Gebiet des Umweltschutzes ist die Schadstoffüberwachung industrieller Abwässer. Überwachungssysteme, die auf alle denkbaren Schadstoffe reagieren, gibt es (bisher) nicht. Die *Leybold AG* in Hanau/BRD hat das Problem mit einer indirekten Meßmethode gelöst. Der Prozeßkreislauf erhält Helium als „Zugabe". Bei Undichtheiten und anderen Störfällen entweicht dann mit der Prozeßflüssigkeit auch das gelöste Helium. Das Helium-Monitorsystem HM 100 erkennt im Kühl- oder Abwasser sofort diese „Heliumdotierung". Das Abfließen des Brauchwassers kann gestoppt werden, bevor Schadstoffe in das Abwassersystem gelangen können.

ISSN 0026-0347, mess., steuern, regeln
Berlin 31 (1988) 12, S. 529—576

15936 12 159 549 964
APW
4073 7001 1400 SHAT 18/10

Auslieferung in diesen Tagen

Neuerscheinungen und Nachauflagen

Angewandte Akustik
Band 2

Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Kraak und Prof. Dr. sc. techn. Günther Schommartz. Reihe Angewandte Akustik. 1. Auflage. 232 Seiten, 146 Bilder, 20 Tafeln, Broschur, DDR 28,— M, Ausland 36,— DM. Bestellangaben: 5538859/Angewandte Akustik Bd. 2

Dieser Band enthält aktuelle Beiträge aus den Gebieten Elektroakustik, Maschinenakustik, Raumakustik, akustische Meßtechnik, Städtebauakustik, Hydroakustik und automatische Sprachsignalverarbeitung.

Computergestützte Berechnung der Raumluftströmung

Von Dr.-Ing. Rainer Scholz und Doz. Dr. sc. oec. Bernd Hanel. Reihe Luft- und Kältetechnik. 1. Auflage. 128 Seiten, 49 Bilder, 9 Tafeln, Pappband, DDR 17,50 M, Ausland 22,— DM. Bestellangaben: 5538787/Scholz, Strömung

Die Autoren erläutern und diskutieren die Methoden zur Vorausberechnung der Strömungs-, Temperatur- und Konzentrationsfelder in klimatisierten Räumen. Anschließend werden die mathematischen Grundlagen für ein Rechenprogramm angegeben und dessen praktische Anwendung wird detailliert dargelegt (Programmiersprache FORTRAN).

Grundlagen der Elektrotechnik

Von Prof. em. Dr. sc. techn. Dr. techn. h. c. Eugen Philippow. 8., bearbeitete Auflage. 784 Seiten, 674 Bilder, 11 Tafeln, Leinen, DDR 51,— M, Ausland 64,— DM. Bestellangaben: 5538971/Philippow, Elektrotechnik

Das Hochschullehrbuch führt in anschaulicher Weise in die Grundlagen und Berechnungsverfahren der theoretischen Elektrotechnik ein. Von dem abstrakten mathematischen Zusammenhang ausgehend, werden die Verfahren bis zur konkreten Berechnung geführt. Mit zahlreichen numerischen Verfahren der Feldberechnung und heute besonders aktuell gewordenen Verfahren (z. B. die Methode der finiten Elemente) geht das Buch speziell auf die Bedürfnisse des Ingenieurs ein. Gerade dieser anwendungsbezogene Aspekt wurde in der jetzt erscheinenden Auflage noch stärker ausgebaut. Weiterführende numerische Verfahren, topologische und graphentheoretische Methoden tragen den modernen Möglichkeiten der Computertechnik Rechnung.

Informationsübertragung
Wissensspeicher

Von Prof. Dr. sc. techn. Gottfried Fritzsche und Prof. Dr. sc. techn. Günther Witzschel. 4., stark bearbeitete Auflage. Etwa 432 Seiten, 550 Bilder, 63 Tafeln, Leinen, DDR etwa 25,— M, Ausland etwa 40,— DM. Bestellangaben: 5539130/Fritzsche, Information (W)

Die Überarbeitung, gekennzeichnet durch Straffungen und Erweiterungen, berücksichtigt die Schwerpunktverlagerung in Richtung digitaler Signalverarbeitung und -übertragung, die Weiterentwicklung der Lichtleiternachrichtenübertragung und neue mikroelektronisch vorteilhafte Realisierungen von Schaltungen.

TECHNIK-WÖRTERBUCH
Elektrotechnik • Elektronik
Deutsch—Englisch

Herausgegeben von Prof. Dr. sc. techn. Peter-Klaus Budig. Zusammengestellt von einem Autorenkollektiv. 3., unveränderte Auflage. 700 Seiten, Leinen, DDR 55,— M, Ausland 98,— DM. Bestellangaben: 5531139/Budig, Wb: Elektro D-E

Mit etwa 60000 Wortstellen aus allen Gebieten der Elektrotechnik einschließlich der Elektronik und Nachrichtentechnik.

TECHNIK-WÖRTERBUCH
Biotechnologie
Englisch—Deutsch

Zusammengestellt von Prof. Dr. Wolfgang Babel, Dr. Monika Hagemann und Doz. Dr. sc. nat. Wolfgang Höhne. 1. Auflage. 116 Seiten, Pappband, DDR 15,— M, Ausland 26,— DM. Bestellangaben: 5540238/Babel, Wb. Biotechnologie

Mit etwa 7300 Wortstellen aus folgenden Gebieten: allgemeine und technische Mikrobiologie, mikrobielle Biochemie, Physiologie der Mikroorganismen, Biotechnologie, Enzymtechnik, Genetik und Gentechnologie.

Im Fachbuchhandel erhältlich

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN